



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES
FÍSICO MECÁNICAS DEL MATERIAL GRANULAR DE LA
CANTERA KM 5+400, PARA LA ESTABILIZACIÓN DE LA
SUPERFICIE DE RODADURA UTILIZANDO YESO Y ADITIVO SIKA
EN EL CAMINO VECINAL CU-1432 DEL DISTRITO DE SICUANI,
2021.**

ÁREA DE INVESTIGACIÓN: CIENCIA Y TECNOLOGIA DE MATERIALES Y
BIOMATERIALES

Presentado por:

Bach. Mike Pérez Torres

Bach. Jheyson Edgar Cjuro Cutipa

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Civil.

Asesor:

**Mg. Ing. José Alberto Montesinos
Cervantes.**

CUSCO – PERÚ

2021



Dedicatoria

La presente tesis está dedicada a Dios, al Sr. De Qoyllur Ritti, quien siempre me guía por el buen camino a lo largo de mi vida, brindándonos fuerza y fortaleza para poder superar todos los obstáculos que se presentan en nuestra vida.

A mis Padres, Edgar Cjuro Gonzales y Carina Cutipa Arredondo por haber inculcado en mis muchos valores los cuales me otorgaron mucha fuerza para enfrentar las pruebas que nos da la vida, ya que gracias a su apoyo y amor se pudo alcanzar lograr este objetivo, Muchas Gracias.

A mis hermanas y sobrinas por estar pendiente siempre de mí y de mis logros y felicidades, por darme bastante apoyo en todo momento, gracias por todo.

A mi hermano, abuela, tíos que desde arriba supieron guiarme en los momentos más difíciles de mi vida.

Jheyson Edgar Cjuro Cutipa

La presente tesis está dedicada a nuestro Sr. Jesús padre del universo, quien siempre me guía por el buen camino en el proseguir de mi vida, brindándome fuerza, fe y fortaleza para poder superar todos los obstáculos que se presentan en mi vida.

A mis Padres, Marco Pérez Vidia y Sussy Brigitte Torres Márquez, por su apoyo incondicional, su esfuerzo por ser el motivo para alcanzar esta meta, Muchas Gracias.

A mis hermanas y sobrina porque vivimos juntos apoyándonos en todo momento, gracias por todo. A mi Padrino, abuela, que siempre me inculcaron a seguir adelante con buenos valores.

Mike Pérez Torres



Agradecimiento.

Es preciso mostrar mi agradecimiento sincero dirigido a todas las personas que nos apoyaron en esta tesis, gracias por su apoyo se pudo terminar de manera satisfactoria esta investigación.

Gracias a Dios: Por habernos brindado mucha entereza y poder lograr una tesis exitosa

A Nuestro Asesor: Mgt. Ing. José Alberto Montesinos Cervantes, por todo el apoyo, por su valiosa guía y por su colaboración brindada durante la elaboración de esta tesis.

Agradezco a mis docentes: a todos los ingenieros de la Facultad de Ingeniería Civil por todas las enseñanzas y motivación constante en el transcurso de nuestra etapa universitaria.

A Nuestros Dictaminantes: Mgt. Ing. Jorge Álvarez Espinoza e Ing. Eigner Roman Villegas, por su tiempo y paciencia, así como también por sus enseñanzas brindadas para presentar esta tesis de investigación.

Jheyson Edgar Cjuro Cutipa

Necesito ofrecer mi agradecimiento a ese gran número de personas que nos apoyaron en esta tesis, a causa de su cooperación tuvimos la opción de terminar efectivamente esta investigación.

Expreso mi gratitud hacia Dios por darnos la solidaridad vital para terminar efectivamente esta investigación.

A nuestro asesor, el Ing. José Alberto Montesinos Cervantes, por toda la ayuda, por su significativa dirección y por su esfuerzo conjunto durante la elaboración de esta tesis.



A mis docentes, a todos mis educadores proyectistas de la Facultad de Ingeniería Civil por cada una de las enseñanzas, el compromiso y la constante inspiración durante toda nuestra etapa universitaria.

A nuestros Dictaminantes, el Ing. Jorge Álvarez Espinoza y el Ing. Eigner Roman Villegas, por su ayuda, su tiempo y sus lecciones para realizar esta tesis.

A mis compañeros y amigos, por su amistad, por su afán de superación, por su cariño y compañerismo incondicional.

Mike Perez Torres



Resumen

El objetivo de la tesis es dar una propuesta para mejorar las propiedades físico mecánicas del material granular de la cantera km 5+400 del camino vecinal CU-1432 del distrito de Sicuani, realizando la incorporación de yeso al material granular y aditivo Sika-1 al agua.

La metodología para el desarrollo de la tesis fue la extracción de la muestra de material granular de cantera km 5+400 del camino vecinal CU-1432, posteriormente se realizó los ensayos de laboratorio del material granular natural sin la adición de yeso ni aditivo Sika-1, luego se realizó ensayos de laboratorio del material granular con la adición de yeso y aditivo Sika-1 con las siguientes proporciones, la adición de yeso al 0%, 4%, 6%, 8% y 10% al peso de material granular y de aditivo Sika-1 al 0%, 4%, 6%, 8% y 10% al volumen de agua a utilizar.

Se concluye que al realizar las pruebas de laboratorio con los diferentes porcentajes y combinaciones de adición de aditivo Sika-1 y de yeso se determina mediante el análisis de resultados que la dosificación óptima para el índice de plasticidad sea de 6.8% obteniéndose así un IP de 6.74%, según la ecuación para densidad el porcentaje óptimo de adición será de 6.8% llegando así a tener un valor de densidad de 2.029 gr/cm³ y para CBR no existe una dosificación óptima ya que según las ecuaciones halladas a mayor adición de yeso y a mayor adición de aditivo Sika-1 el CBR seguirá creciendo, con los resultados se determinó que con la adición de aditivo Sika-1 y de yeso se mejorará las propiedades físico mecánicas del material granular de la cantera km 5+400 del camino vecinal CU-1432 del distrito de Sicuani.



Abstract

The objective of the thesis is to give a proposal to improve the physical-mechanical properties of the granular material of the quarry km 5+400 of the local road CU-1432 of the district of Sicuani, incorporating gypsum into the granular material and Sika-1 additive to the Water.

The methodology for the development of the thesis was the extraction of the sample of granular material from the quarry km 5 + 400 of the local road CU-1432, later the laboratory tests of the natural granular material were carried out without the addition of plaster or Sika-1, then laboratory tests of the granular material were carried out with the addition of gypsum and Sika-1 additive with the following proportions, the addition of gypsum at 0%, 4%, 6%, 8% and 10% to the weight of granular material and Sika-1 additive at 0%, 4%, 6%, 8% and 10% to the volume of water to be used.

It is concluded that when carrying out the laboratory tests with the different percentages and combinations of addition of Sika-1 additive and plaster, it is determined through the analysis of results that the optimal dosage for the plasticity index is 6.8%, thus obtaining an IP of 6.74%, according to the equation for density, the optimal percentage of addition will be 6.8%, thus reaching a density value of 2.029 gr/cm³ and for CBR there is no optimal dosage since, according to the equations found, the greater the addition of gypsum and the greater addition of Sika-1 additive the CBR will continue to grow, with the results it was determined that with the addition of Sika-1 additive and plaster the physical-mechanical properties of the granular material of the quarry km 5 + 400 of the local road CU- 1432 of the Sicuani district.



Introducción

En la actualidad de red vial peruana presenta varios tipos de carreteras según su IMD, la importancia de la conectividad vial y un eficiente flujo vehicular es claramente evidenciada por los trabajos de mantenimiento periódicos que se vienen realizando que permiten que la carpeta de rodadura se encuentra en las mejores condiciones de transitabilidad. Dentro de la red vial los caminos vecinales son aquellas carreteras que unen el interior del país, cobran mayor importancia debido al aumento poblacional devenido de la migración por la pandemia. Los trabajos para mantener los caminos vecinales tienen que ajustarse a limitaciones económicas e incluso técnicas que hacen que estas no logren el desempeño esperado.

La presente investigación propone la utilización de mineral procesado yeso aplicado al material granular de cantera y el aditivo Sika-1 aplicado al agua. La necesidad de mejoramiento del desempeño de la superficie de rodadura se evidencia en trabajos de estabilización con cal y sulfato de calcio (yeso) e influencia del aditivo Sika Dust Seal como agente estabilizador de suelos en trochas carrozables investigados en trabajos a nivel universitario y otras propuestas que se plantean en la misma ejecución.

Introducir una mezcla de yeso con material granular y aditivo impermeabilizante Sika-1 con agua, para mejorar las propiedades físico mecánicas como la resistencia al esfuerzo cortante y densidad máxima seca, entre otras variables geotécnicas, propone un tipo de estabilización de la superficie de rodadura en un contexto más ajustado a condiciones reales y que pueden ser incorporadas en los posteriores mantenimientos periódicos a nivel de afirmado con la utilización de material granular mejorado con la adición de yeso y aditivo impermeabilizante sika-1 además de tener la posibilidad de ser controlado tanto en laboratorio como en campo.



Índice General

Dedicatoria	ii
Agradecimiento.	iii
Resumen	v
Abstract	vi
Introducción	vii
Índice General	viii
Índice De Tablas	xiv
Índice de Figuras	xxvii
Capítulo I: Planteamiento Del Problema	31
1.1 Identificación Del Problema	31
1.1.1. Descripción del Problema	31
1.1.2. Formulación del Problema	33
2.2.10.3. Formulación del Problema General	33
2.2.10.4. Formulación de los Problemas Específicos	33
1.2. Justificación e Importancia de la Investigación	33
1.2.1. Justificación Técnica	33
1.2.2. Justificación Social	34
1.2.3. Justificación por Viabilidad	34
1.2.4. Justificación por Relevancia	35
1.3 Limitaciones de la Investigación	35



	ix
1.4 Objetivo de la Investigación	35
1.4.1. Objetivo General	35
1.4.2. Objetivos Específicos	36
Capítulo II: Marco Teórico	37
2.1 Antecedentes de la Tesis o Investigación Actual	37
2.1.1 Antecedentes a nivel nacional	37
2.1.2 Antecedentes A Nivel nacional	38
2.2 Aspectos Teórico Pertinentes	39
2.2.1 Carretera	39
2.2.1.1 Carretera no Pavimentada	39
2.2.2. Componentes de la infraestructura de una carretera (carretera no pavimentada)	39
2.2.2.1 Caminos con superficie no pavimentada.	41
2.2.3. Carreteras con pavimentos económicos (Soluciones básicas)	41
2.2.4. Estabilización química de suelos	41
2.2.8 Sika-1	43
2.2.8.1 Polímero	43
2.2.9 Yeso	43
2.2.9.1. Yacimientos de Yeso:	44
2.2.10. Redes viales	44



	x
2.2.10.1. Red vial nacional.	44
2.2.10.2. Red vial departamental o regional.	45
2.2.10.5. Red vial vecinal o rural.	47
2.2.11. Propiedades elementales de los suelos.	47
2.2.11.1. Granulometría.	48
2.2.11.2. Contenido de humedad.	49
2.2.12. Peso Específico.	49
2.2.12.1. Peso específico de las partículas sólidas (G_s).	49
2.2.12.2. Peso específico seco de un suelo (γ_d).	49
2.2.12.3. Peso específico aparente del suelo (γ).	50
2.2.12.4. Peso específico saturado (γ_{sat}).	50
2.2.12.5. Peso específico sumergido (γ_{sum} o γ').	50
2.2.13. Plasticidad (límites de atterberg).	50
2.2.14.1. Limite líquido.	52
2.2.14.2. Limite plástico.	52
2.2.15. CBR o relación de soporte de california.	56
2.2.16. Clasificación de suelos.	57
2.2.16.1. Clasificación ASTM.	57
2.2.16.2. Clasificación AASHTO.	61
2.3 Hipótesis	65



	xi
2.3.1 Hipótesis General	65
2.3.2 Sub Hipótesis	65
2.4 Definición de variables	65
2.4.1 Variable Independiente x.	65
2.4.2 Variable Dependiente Y.	66
2.4.3. Cuadro de operacionalización de variables	67
Capítulo III: Metodología.	51
3.1. Metodología de la Investigación.	51
3.1.1. Enfoque de la Investigación.	51
3.1.2. Nivel o alcance de la Investigación.	51
3.1.3. Método de la Investigación.	51
3.2. Diseño de la Investigación.	52
3.2.1. Diseño Metodológico.	52
3.2.2. Diseño de ingeniería.	52
3.3. Población y Muestra.	55
3.3.1. Población.	55
3.3.1.1. Descripción de la Población.	55
3.3.1.2. Cuantificación de la Población.	56
3.3.2. Muestra.	57
3.3.2.1. Descripción de la Muestra.	57



	xii
3.3.2.2. Cuantificación de la Muestra.	62
3.3.2.3. Método de Muestreo.	67
3.3.2.4. Criterios de Evaluación de Muestra.	68
3.3.3. Criterios de Inclusión.	68
3.4. Instrumentos.	70
3.4.1. Instrumentos Metodológicos o Instrumentos de Recolección de Datos.	70
3.4.2 Instrumentos de Ingeniería.	76
3.5. Procedimientos de Recolección de Datos.	84
3.5.1 Extracción Del Material Granular De La Cantera Km 5+400 Del Camino Vecinal CU-1432 del distrito de Sicuani.	84
3.5.2. Ensayos Con Material Granular De La Cantera Km 5+400 Del Camino Vecinal CU-1432 del distrito de Sicuani en estado natural.	86
3.5.3. Ensayo De Contenido De Humedad De Los Suelos.	87
3.5.4. Clasificación De Suelos.	89
3.5.5. Ensayo de plasticidad del suelo.	93
3.5.6. Ensayo De Compactación De Suelos Modificado.	98
3.5.7. Ensayo De CBR De Laboratorio De Suelos.	101
3.5.8. Ensayo De Plasticidad De Los Suelos con yeso y aditivo Sika-1 en diferentes proporciones mencionadas en la tabla N°14.	105
3.5.8.1. Ensayo De Límite Líquido De Suelos.	105



3.5.8.2. Ensayo De Límite Plástico De Suelos con yeso y aditivo sika-1 en diferentes proporciones mencionadas en la tabla N°14.	108
3.5.9. Ensayo De Compactación De Suelos Modificado con yeso y aditivo sika-1 en diferentes proporciones mencionadas en la tabla N°14.	110
3.5.10. Ensayo De CBR De Laboratorio De Suelos Con La Adición De Yeso y Aditivo Sika-1 en las diferentes proporciones mencionadas en la tabla N°14.	112
3.5 Procedimientos De Análisis De Datos.	119
Capítulo IV: Resultados	239
4.1. Resultados descriptivos del experimento.	239
4.2. Evaluación de las variaciones en los indicadores	241
4.2.1. Variación del índice de plasticidad.	244
4.2.2. Variación del índice de densidad	249
4.2.3. Variación del índice CBR	255
4.3. Optimización.	260
Capítulo V: Discusión.	268
Glosario	270
Conclusiones	271
Recomendaciones	273
Referencias	274
Anexos	275
Apéndices	283



Índice De Tablas

Tabla 1 Clasificación de aditivos estabilizadores.	42
Tabla 2 Registro nacional de carreteras.	45
Tabla 3 Registro regional de carreteras.....	46
Tabla 4 Registro de carreteras de la provincia de Canchis	47
Tabla 5 Tamaños de la serie de tamices estándar ASTM	48
Tabla 6 Valores orientativos de los límites de atterberg (humedad gravimétrica) para diferentes suelos.....	53
Tabla 7 Valores orientativos de humedad óptima y densidad seca máxima de distintos suelos.....	54
Tabla 8 Penetración y carga unitaria.....	57
Tabla 9 Clasificación de suelos según ASTM.	59
Tabla 10 Propiedades y aplicaciones de los suelos en obras de ingeniería.....	60
Tabla 11 Clasificación de suelos según AASHTO	64
Tabla 12 Ubicación de las calicatas	57
Tabla 13 Materiales Disponibles para la Tesis	58
Tabla 14 Proporciones de materiales que se utilizaran para los diferentes ensayos	60
Tabla 15 Dosificación de adición de yeso al material granular y aditivo Sika-1al agua.	69
Tabla 16 Instrumento de toma de datos para el contenido de Humedad	71
Tabla 17 Instrumento de toma de datos para el ensayo granulométrico	72
Tabla 18 Instrumento de toma de datos para límite líquido, plástico e índice de plasticidad	73
Tabla 19 Instrumento de toma de datos para el ensayo de Proctor modificado.....	74



Tabla 20 Instrumento de toma de datos para el ensayo de CBR de laboratorio	75
Tabla 21 Recolección de datos para contenido de humedad de los suelos	89
Tabla 22 Recolección de datos para Análisis granulométrico de muestras.	93
Tabla 23 Datos y Resultados del análisis estratigráfico de la C-01 de la cantera Km 5+400.	119
Tabla 24 Datos y Resultados del análisis estratigráfico de la C-02 de la cantera Km 5+400	120
Tabla 25 Datos y Resultados del análisis estratigráfico de la C-03 de la cantera Km 5+400.	121
Tabla 26 Datos y Resultados del análisis estratigráfico de la C-04 de la cantera Km 5+400.	122
Tabla 27 Datos y Resultados del análisis estratigráfico de la C-05 de la cantera Km 5+400.	123
Tabla 28 Datos y Resultados del contenido de humedad del material de la cantera km 05+400, muestra natural.....	125
Tabla 29 Datos y resultados del Análisis granulométrico del material natural de cantera km5+400 C-01.	127
Tabla 30 Datos y resultados del Análisis granulométrico del material natural de cantera km5+400 C-02	128
Tabla 31 Datos y resultados del Análisis granulométrico del material natural de cantera km5+400 C-03.	129
Tabla 32 Datos y resultados del Análisis granulométrico del material natural de cantera km5+400 C-04.	130



Tabla 33 Datos y resultados del Análisis granulométrico del material natural de cantera km5+400 C-05.....	131
Tabla 34 Datos y resultados del Análisis de Límites de Consistencia del material natural de cantera km5+400 C-01.....	133
Tabla 35 Datos y resultados del Análisis de Límites de Consistencia del material natural de cantera km5+400 C-02.....	134
Tabla 36 Datos y resultados del Análisis de Límites de Consistencia del material natural de cantera km5+400 C-03.....	135
Tabla 37 Datos y resultados del Análisis de Límites de Consistencia del material natural de cantera km5+400 C-04.....	136
Tabla 38 Datos y resultados del Análisis de Límites de Consistencia del material natural de cantera km5+400 C-05.....	137
Tabla 39 Resultados de Límites de Consistencia y Clasificación de Suelos de material granular natural	138
Tabla 40 Datos y resultados de Límites de Consistencia del material de cantera km5+400 adicionando yeso al 0% y aditivo sika-1 al 4%.	139
Tabla 41 Datos y resultados de Límites de Consistencia del material de cantera km5+400 adicionando yeso al 0% y aditivo sika-1 al 6%	140
Tabla 42 Datos y resultados de Límites de Consistencia del material de cantera km5+400 adicionando yeso al 0% y aditivo sika-1 al 8%.	141
Tabla 43 Datos y resultados de Límites de Consistencia del material de cantera km5+400 adicionando yeso al 0% y aditivo sika-1 al 10%.	142



Tabla 44 Datos y resultados de Límites de Consistencia del material de cantera km5+400 adicionando yeso al 4% y aditivo sika-1 al 0%.	143
Tabla 45 Datos y resultados de Límites de Consistencia del material de cantera km5+400 adicionando yeso al 4% y aditivo sika-1 al 8%.	144
Tabla 46 Datos y resultados de Límites de Consistencia del material de cantera km5+400 adicionando yeso al 4% y aditivo sika-1 al 10%.	145
Tabla 47 Datos y resultados de Límites de Consistencia del material de cantera km5+400 adicionando yeso al 6% y aditivo sika-1 al 0%.	146
Tabla 48 Datos y resultados de Límites de Consistencia del material de cantera km5+400 adicionando yeso al 6% y aditivo sika-1 al 8%.	147
Tabla 49 Datos y resultados de Límites de Consistencia del material de cantera km5+400 adicionando yeso al 6% y aditivo sika-1 al 10%.	148
Tabla 50 Datos y resultados de Límites de Consistencia del material de cantera km5+400 adicionando yeso al 8% y aditivo sika-1 al 0%.	149
Tabla 51 Datos y resultados de Límites de Consistencia del material de cantera km5+400 adicionando yeso al 4% y aditivo sika-1 al 4%.	150
Tabla 52 Datos y resultados de Límites de Consistencia del material de cantera km5+400 adicionando yeso al 6% y aditivo sika-1 al 4%.	151
Tabla 53 Datos y resultados de Límites de Consistencia del material de cantera km5+400 adicionando yeso al 8% y aditivo sika-1 al 4%.	152
Tabla 54 Datos y resultados de Límites de Consistencia del material de cantera km5+400 adicionando yeso al 10% y aditivo sika-1 al 4%.	153



Tabla 55 Datos y resultados de Límites de Consistencia del material de cantera km5+400 adicionando yeso al 4% y aditivo sika-1 al 6%.	154
Tabla 56 Datos y resultados de Límites de Consistencia del material de cantera km5+400 adicionando yeso al 6% y aditivo sika-1 al 6%.	155
Tabla 57 Datos y resultados de Límites de Consistencia del material de cantera km5+400 adicionando yeso al 8% y aditivo sika-1 al 6%.	156
Tabla 58 Datos y resultados de Límites de Consistencia del material de cantera km5+400 adicionando yeso al 10% y aditivo sika-1 al 0%.	157
Tabla 59 Datos y resultados de Límites de Consistencia del material de cantera km5+400 adicionando yeso al 10% y aditivo sika-1 al 6%.	158
Tabla 60 Datos y resultados de Límites de Consistencia del material de cantera km5+400 adicionando yeso al 8% y aditivo sika-1 al 8%	159
Tabla 61 Datos y resultados de Límites de Consistencia del material de cantera km5+400 adicionando yeso al 10% y aditivo sika-1 al 8%.	160
Tabla 62 Datos y resultados de Límites de Consistencia del material de cantera km5+400 adicionando yeso al 8% y aditivo sika-1 al 10%.	161
Tabla 63 Datos y resultados de Límites de Consistencia del material de cantera km5+400 adicionando yeso al 10% y aditivo sika-1 al 10%.	162
Tabla 64 Resumen de resultados de límites de consistencia del material granular de cantera km 5+400 con la adición de yeso y aditivo Sika-1 según diseño.	163
Tabla 65 Datos y resultados del ensayo de Proctor modificado del material granular km 5+400 natural	165



Tabla 66 Datos y resultados del ensayo de Proctor modificado del material granular km 5+400, adicionando yeso al 0% y aditivo sika-1 al 4%.....	166
Tabla 67 Datos y resultados del ensayo de Proctor modificado del material granular km 5+400, adicionando yeso al 0% y aditivo sika-1 al 6%.....	167
Tabla 68 Datos y resultados del ensayo de Proctor modificado del material granular km 5+400, adicionando yeso al 0% y aditivo sika-1 al 8%.....	168
Tabla 69 Datos y resultados del ensayo de Proctor modificado del material granular km 5+400, adicionando yeso al 0% y aditivo sika-1 al 10%.....	169
Tabla 70 Datos y resultados del ensayo de Proctor modificado del material granular km 5+400, adicionando yeso al 4% y aditivo sika-1 al 0%.....	170
Tabla 71 Datos y resultados del ensayo de Proctor modificado del material granular km 5+400, adicionando yeso al 4% y aditivo sika-1 al 4%.....	171
Tabla 72 Datos y resultados del ensayo de Proctor modificado del material granular km 5+400, adicionando yeso al 4% y aditivo sika-1 al 6%.....	172
Tabla 73 Datos y resultados del ensayo de Proctor modificado del material granular km 5+400, adicionando yeso al 4% y aditivo sika-1 al 8%.....	173
Tabla 74 Datos y resultados del ensayo de Proctor modificado del material granular km 5+400, adicionando yeso al 4% y aditivo sika-1 al 10%.....	174
Tabla 75	175
Tabla 76 Datos y resultados del ensayo de Proctor modificado del material granular km 5+400, adicionando yeso al 6% y aditivo sika-1 al 4%.....	176
Tabla 77 Datos y resultados del ensayo de Proctor modificado del material granular km 5+400, adicionando yeso al 6% y aditivo sika-1 al 6%.....	177



Tabla 78 Datos y resultados del ensayo de Proctor modificado del material granular km 5+400, adicionando yeso al 6% y aditivo sika-1 al 8%.....	178
Tabla 79 Datos y resultados del ensayo de Proctor modificado del material granular km 5+400, adicionando yeso al 6% y aditivo sika-1 al 10%.....	179
Tabla 80 Datos y resultados del ensayo de Proctor modificado del material granular km 5+400, adicionando yeso al 8% y aditivo sika-1 al 0%.....	180
Tabla 81 Datos y resultados del ensayo de Proctor modificado del material granular km 5+400, adicionando yeso al 8% y aditivo sika-1 al 4%.....	181
Tabla 82 Datos y resultados del ensayo de Proctor modificado del material granular km 5+400, adicionando yeso al 8% y aditivo sika-1 al 6%.....	182
Tabla 83 Datos y resultados del ensayo de Proctor modificado del material granular km 5+400, adicionando yeso al 8% y aditivo sika-1 al 8%.....	183
Tabla 84 Datos y resultados del ensayo de Proctor modificado del material granular km 5+400, adicionando yeso al 10% y aditivo sika-1 al 4%.....	184
Tabla 85	185
Tabla 86 Datos y resultados del ensayo de Proctor modificado del material granular km 5+400, adicionando yeso al 10% y aditivo sika-1 al 8%.....	186
Tabla 87 Datos y resultados del ensayo de Proctor modificado del material granular km 5+400, adicionando yeso al 8% y aditivo sika-1 al 10%	187
Tabla 88 Datos y resultados del ensayo de Proctor modificado del material granular km 5+400, adicionando yeso al 10% y aditivo sika-1 al 10%.....	188
Tabla 89 Resumen de resultados del ensayo de Proctor modificado del material granular km 5+400 con la adición de yeso y aditivo Sika-1 en las diferentes proporciones	189



Tabla 90 Datos y Resultados del ensayo de CBR del material granular de cantera km 5+400 muestra natural.....	190
Tabla 91 Gráficas de los Resultados del ensayo de CBR del material granular de cantera km 5+400, muestra natural.	191
Tabla 92 Datos y resultados del ensayo de CBR del material granular de cantera km 5+400 con la adición de yeso al 0% y la adición de aditivo Sika-1 al 4%.....	192
Tabla 93 Gráfica de los resultados del ensayo de CBR del material granular de cantera km 5+400. Adicionando yeso al 0% y aditivo Sika-1 al 4%.....	193
Tabla 94 Datos y resultados del ensayo de CBR del material granular de cantera km 5+400 con la adición de yeso al 0% y la adición de aditivo Sika-1 al 8%.....	194
Tabla 95 Gráfica de los resultados del ensayo de CBR del material granular de cantera km 5+400. Adicionando yeso al 0% y aditivo Sika-1 al 8%.....	195
Tabla 96 Datos y resultados del ensayo de CBR del material granular de cantera km 5+400 con la adición de yeso al 0% y la adición de aditivo Sika-1 al 10%.....	196
Tabla 97 Gráfica de los resultados del ensayo de CBR del material granular de cantera km 5+400. Adicionando yeso al 0% y aditivo Sika-1 al 10%.....	197
Tabla 98 Datos y resultados del ensayo de CBR del material granular de cantera km 5+400 con la adición de yeso al 4% y la adición de aditivo Sika-1 al 0%.....	198
Tabla 99 Gráfica de los resultados del ensayo de CBR del material granular de cantera km 5+400. Adicionando yeso al 4% y aditivo Sika-1 al 0%.....	199
Tabla 100 Datos y resultados del ensayo de CBR del material granular de cantera km 5+400 con la adición de yeso al 4% y la adición de aditivo Sika-1 al 4%.....	200



Tabla 101 Gráfica de los resultados del ensayo de CBR del material granular de cantera km 5+400. Adicionando yeso al 4% y aditivo Sika-1 al 4%.	201
Tabla 102 Datos y resultados del ensayo de CBR del material granular de cantera km 5+400 con la adición de yeso al 10% y la adición de aditivo Sika-1 al 4%.	202
Tabla 103 Gráfica de los resultados del ensayo de CBR del material granular de cantera km 5+400. Adicionando yeso al 10% y aditivo Sika-1 al 4%.	203
Tabla 104 Gráfica de los resultados del ensayo de CBR del material granular de cantera km 5+400. Adicionando yeso al 4% y aditivo Sika-1 al 6%.	205
Tabla 105 Datos y resultados del ensayo de CBR del material granular de cantera km 5+400 con la adición de yeso al 4% y la adición de aditivo Sika-1 al 8%.	206
Tabla 106 Gráfica de los resultados del ensayo de CBR del material granular de cantera km 5+400. Adicionando yeso al 4% y aditivo Sika-1 al 8%.	207
Tabla 107 Datos y resultados del ensayo de CBR del material granular de cantera km 5+400 con la adición de yeso al 4% y la adición de aditivo Sika-1 al 10%.	208
Tabla 108 Gráfica de los resultados del ensayo de CBR del material granular de cantera km 5+400. Adicionando yeso al 4% y aditivo Sika-1 al 10%.	209
Tabla 109 Datos y resultados del ensayo de CBR del material granular de cantera km 5+400 con la adición de yeso al 6% y la adición de aditivo Sika-1 al 0%.	210
Tabla 110 Gráfica de los resultados del ensayo de CBR del material granular de cantera km 5+400. Adicionando yeso al 6% y aditivo Sika-1 al 0%.	211
Tabla 111 Datos y resultados del ensayo de CBR del material granular de cantera km 5+400 con la adición de yeso al 0% y la adición de aditivo Sika-1 al 6%.	212



Tabla 112 Gráfica de los resultados del ensayo de CBR del material granular de cantera km 5+400. Adicionando yeso al 0% y aditivo Sika-1 al 6%.....	213
Tabla 113 Datos y resultados del ensayo de CBR del material granular de cantera km 5+400 con la adición de yeso al 6% y la adición de aditivo Sika-1 al 4%.....	214
Tabla 114 Gráfica de los resultados del ensayo de CBR del material granular de cantera km 5+400. Adicionando yeso al 6% y aditivo Sika-1 al 4%.....	215
Tabla 115 Datos y resultados del ensayo de CBR del material granular de cantera km 5+400 con la adición de yeso al 6% y la adición de aditivo Sika-1 al 6%.....	216
Tabla 116 Gráfica de los resultados del ensayo de CBR del material granular de cantera km 5+400. Adicionando yeso al 6% y aditivo Sika-1 al 6%.....	217
Tabla 117 Datos y resultados del ensayo de CBR del material granular de cantera km 5+400 con la adición de yeso al 6% y la adición de aditivo Sika-1 al 8%.....	218
Tabla 118 Gráfica de los resultados del ensayo de CBR del material granular de cantera km 5+400. Adicionando yeso al 6% y aditivo Sika-1 al 8%.....	219
Tabla 119 Datos y resultados del ensayo de CBR del material granular de cantera km 5+400 con la adición de yeso al 6% y la adición de aditivo Sika-1 al 10%.....	220
Tabla 120 Gráfica de los resultados del ensayo de CBR del material granular de cantera km 5+400. Adicionando yeso al 6% y aditivo Sika-1 al 10%.....	221
Tabla 121 Datos y resultados del ensayo de CBR del material granular de cantera km 5+400 con la adición de yeso al 8% y la adición de aditivo Sika-1 al 0%.....	222
Tabla 122 Gráfica de los resultados del ensayo de CBR del material granular de cantera km 5+400. Adicionando yeso al 8% y aditivo Sika-1 al 0%.....	223



Tabla 123 Datos y resultados del ensayo de CBR del material granular de cantera km 5+400 con la adición de yeso al 8% y la adición de aditivo Sika-1 al 4%.	224
Tabla 124 Gráfica de los resultados del ensayo de CBR del material granular de cantera km 5+400. Adicionando yeso al 8% y aditivo Sika-1 al 4%.	225
Tabla 125 Datos y resultados del ensayo de CBR del material granular de cantera km 5+400 con la adición de yeso al 8% y la adición de aditivo Sika-1 al 6%.	226
Tabla 126 Gráfica de los resultados del ensayo de CBR del material granular de cantera km 5+400. Adicionando yeso al 8% y aditivo Sika-1 al 6%.	227
Tabla 127 Datos y resultados del ensayo de CBR del material granular de cantera km 5+400 con la adición de yeso al 8% y la adición de aditivo Sika-1 al 8%.	228
Tabla 128 Gráfica de los resultados del ensayo de CBR del material granular de cantera km 5+400. Adicionando yeso al 10% y aditivo Sika-1 al 0%.	229
Tabla 129 Datos y resultados del ensayo de CBR del material granular de cantera km 5+400 con la adición de yeso al 10% y la adición de aditivo Sika-1 al 0%.	230
Tabla 130 Gráfica de los resultados del ensayo de CBR del material granular de cantera km 5+400. Adicionando yeso al 10% y aditivo Sika-1 al 0%.	231
Tabla 131 Datos y resultados del ensayo de CBR del material granular de cantera km 5+400 con la adición de yeso al 10% y la adición de aditivo Sika-1 al 8%.	232
Tabla 132 Gráfica de los resultados del ensayo de CBR del material granular de cantera km 5+400. Adicionando yeso al 10% y aditivo Sika-1 al 8%.	233
Tabla 133 Datos y resultados del ensayo de CBR del material granular de cantera km 5+400 con la adición de yeso al 8% y la adición de aditivo Sika-1 al 10%.	234



Tabla 134 Gráfica de los resultados del ensayo de CBR del material granular de cantera km 5+400. Adicionando yeso al 8% y aditivo Sika-1 al 10%.....	235
Tabla 135 Datos y resultados del ensayo de CBR del material granular de cantera km 5+400 con la adición de yeso al 10% y la adición de aditivo Sika-1 al 10%.....	236
Tabla 136 Gráfica de los resultados del ensayo de CBR del material granular de cantera km 5+400. Adicionando yeso al 10% y aditivo Sika-1 al 10%.....	237
Tabla 137 Resumen de resultados del ensayo de CBR de laboratorio del Material granular de cantera km 5+400 y con la adición de yeso y aditivo Sika-1 en diferentes proporciones.	238
Tabla 138 ANOVA índice de plasticidad y adiciones de yeso y Sika-1.....	244
Tabla 139 Prueba Tukey grupos homogéneos índice de plasticidad y adición de yeso	245
Tabla 140 Prueba Turkey grupos homogéneos índice de plasticidad y adiciones de Sika-1.	246
Tabla 141 Modelo aditivo ANOVA, estimación de parámetros.....	247
Tabla 142 ANOVA índice de plasticidad y adiciones de yeso y Sika-1.....	250
Tabla 143 Prueba Turkey grupos homogéneos índice de densidad y adiciones de yeso.	251
Tabla 144 Prueba Turkey grupos homogéneos índice de densidad y adiciones de Sika-1.	252
Tabla 145 Modelo aditivo ANOVA, estimación de parámetros.....	253
Tabla 146 ANOVA índice CBR y adiciones de yeso y Sika-1.....	256
Tabla 147 Prueba Turkey grupos homogéneos índice CBR y adiciones de yeso.....	257
Tabla 148 Prueba Turkey grupos homogéneos índice de densidad y adiciones de Sika-1.	258



Tabla 149 Modelo aditivo ANOVA, estimación de parámetros..... 258

Tabla 150 Promedios y desviaciones de las mediciones de los indicadores..... 260



Índice de Figuras

Figura1 Imagen de ubicación geopolítica del camino Vecinal CU-1432.....	32
Figura2 Componente de infraestructura de carretera no pavimentada.	40
Figura 3 Límites de atterberg y estados de consistencia de un suelo	51
Figura 4 Curva típica de compactación.	54
Figura 5 Efecto de la energía de compactación en la curva Proctor.....	55
Figura 6 Abaco de plasticidad de Casagrande.	58
Figura 7 Clasificación de suelos según AASHTO.....	63
Figura 8 Diseño de ingeniería.....	53
Figura 9 Croquis de cantera y calicatas.	58
Figura 10 Balanza de 30 kg. La cual utilizaremos para los diferentes ensayos.....	80
Figura 11 Balanza de Precisión, envases para el uso de material, aditivo Sika. Los cuales utilizaremos para los diferentes ensayos.....	81
Figura 12 bandejas, los cuales utilizaremos para los diferentes ensayos.....	81
Figura 13 Serie de tamices.....	82
Figura 14 Cuchara de Casa Grande, acanalador, taras, vidrio grueso esmerilado.....	82
Figura 15 Horno de Secado, Con control termostático, capaz de mantener una temperatura uniforme de 30 ± 9 °F (110 ± 5 °C).....	83
Figura 16 Molde Proctor y vástago.....	83
Figura 17 Diferentes herramientas manuales.....	84
Figura 18 Imagen de la Calicata C-01	85
Figura 19 Imagen de la Calicata C-02	86
Figura 20 Imagen de la Calicata C-04.	86



Figura 21 Pesado de la muestra de la Cantera de Material Granular km 5+400 del camino vecinal CU-1432 para su determinación de contenido de humedad.....	88
Figura 22 Muestra de la Cantera de Material Granular Calicata-04.....	90
Figura 23 Cuarteo de Material Granular km 5+400 de la Calicata-04	91
Figura 24 Selección de 02 muestras del Material Granular de la cantera km 5+400 de la Calicata-04	91
Figura 25 Tamizado manual del Material Granular de la cantera km 5+400 de la Calicata-04.....	92
Figura 26 Preparado de material que pasa la malla N ^a 40 y colocado en la cuchara de Casagrande, muestra del Material Granular de la cantera km 5+400 del camino vecinal CU-1432.	95
Figura 27 División de la muestra con el acanalador en la cuchara de Casagrande, Muestra del Material Granular de la cantera km 5+400 del camino vecinal CU-1432.	96
Figura 28 Amasado de cilindros con el material que pasa la malla N ^o 40 del Material Granular de la cantera km 5+400 del camino vecinal CU-1432.....	98
Figura 29 Preparado de la muestra del Material Granular de la cantera km 5+400 del camino vecinal CU-1432.	99
Figura 30 Preparado de las 04 muestras del Material Granular de la cantera km 5+400 del camino vecinal CU-1432.	100
Figura 31 Adición de yeso al Material Granular de la cantera km 5+400 del camino vecinal CU-1432.....	104
Figura 32 Aditivo Sika-1, impermeabilizante el cual utilizaremos para los diferentes ensayos.....	104



Figura 33 Elevación y golpeo haciendo uso de la manija de la Cuchara de Casagrande.	107
Figura 34 Obtención de muestra para su internado en el horno y poder sacar su registro de pesos.....	107
Figura 35 Obtención de la masa para poder realizar los cilindros.	109
Figura 36 Cilindros ya moldeados en el vidrio esmerilado.	109
Figura 37 Compactación de material en 05 capas.	111
Figura 38 Enrasado de la muestra ya compactada.	112
Figura 39- Enrasado de la muestra para CBR ya compactada.....	114
Figura 40 Colocación de papel filtro sobre la parte superior de la muestra.	115
Figura 41 Realizando la lectura inicial del dial.	116
Figura 42 Realizando el drenado de los moldes para posteriormente llevarlos a la prensa.	117
Figura 43 Registrando las lecturas del dial en la prensa.....	118
Figura 44 Límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad.....	239
Figura 45 Densidad máxima obtenidas en los ensayos.....	240
Figura 46 Valores de C.B.R. y densidad al 100%	240
Figura 47 Potencia para experimento de índice de plasticidad.....	241
Figura 48 Potencia para experimento de índice densidad.....	242
Figura 49 Potencia para experimento de CBR.....	242
Figura 50 Diagrama de cajas de índice de plasticidad según adición de distintas concentraciones de yeso.....	245



Figura 51 Diagrama de cajas de índice de plasticidad según adición de distintas concentraciones de Sika-1.....	246
Figura 52 Comparación índice de plasticidad observación y Predicción	248
Figura 53 Diagrama de cajas de densidad según adiciones de distintas concentraciones de yeso.	250
Figura 54 Diagrama de cajas de índice de densidad según adiciones de distintas concentraciones de Sika-1.....	252
Figura 55 Comparación índice de densidad observación y Predicción.	254
Figura 56 Diagrama de cajas de CBR según adiciones de distintas combinaciones de yeso	256
Figura 57 Diagrama de cajas de índice de CBR según adiciones de distintas combinaciones de Sika-1.	257
Figura 58 Comparación índice de densidad observación y Predicción	259
Figura 59 Plasticidad y adiciones de yeso	261
Figura 60 Plasticidad y adiciones de Sika-1.	261
Figura 61 Densidad y adiciones de yeso.....	262
Figura 62 Densidad y adiciones de Sika-1.....	262
Figura 63 CBR y adiciones de yeso.....	263
Figura 64 CBR y adiciones de Sika-1.....	264



Capítulo I: Planteamiento Del Problema

1.1 Identificación Del Problema

1.1.1. Descripción del Problema

Los Caminos vecinales son carreteras no pavimentadas los cuales están conformados con material granular de cantera a nivel de afirmado, son de gran relevancia en el desarrollo local, regional y nacional, según el MTC en el Perú existen 6348 rutas de caminos vecinales, mientras que en la región del Cusco existen 328 rutas, por cuanto representa un porcentaje considerable dentro de las carreteras no pavimentadas. Las carreteras sin pavimentar, predominantemente en la zona sierra y selva, se deterioran la mayoría de las veces a un ritmo acelerado, básicamente a causa de las precipitaciones constantes. La consistencia de la superficie del camino vecinal está indefensa ante las variables climáticas y la actividad de los vehículos.

En las estaciones secas, de abril a agosto, el material granular de la superficie del camino vecinal se pulveriza bajo la actividad brusca de los neumáticos de los vehículos, iniciando así el debilitamiento constante de la superficie del camino, La emanación de polvo influye negativamente en la visibilidad del conductor, con lo que dicho factor influye en la generación de algún tipo de accidente y durante la estación lluviosa de diciembre a marzo, pierde principalmente su capacidad portante (CBR), provocando defectos, por ejemplo, baches, ahuellamientos, etc.

El presente proyecto de investigación tiene por objetivo mejorar las propiedades físico mecánicas del material granular de la cantera km 5+400, añadiendo yeso y aditivo Sika-1, en tal sentido, el presente proyecto de investigación pretende obtener una propuesta de adición de yeso al material granular y aditivo Sika-1 al agua.



Ámbito de Influencia de la Tesis

Ubicación geográfica:

- Este : 260496.844
- Norte : 8419949.12
- Altitud : 3572 msnm.
- Zona : 19L
- Datum : WGS84

Ubicación geopolítica:

- Región : Cusco
- Provincia : Canchis
- Distrito : Sicuani
- Ruta : EMP CU-1432 (SICUANI – PAMPAPHALLA - BOTADERO)

Figura1

Imagen de ubicación geopolítica del camino Vecinal CU-1432



Fuente: Propia



1.1.2. Formulación del Problema

2.2.10.3. Formulación del Problema General

¿Cuál es la propuesta para el mejoramiento de las propiedades físico-mecánicas del material granular de cantera km 5+400, para la estabilización de la superficie de rodadura utilizando yeso y aditivo Sika-1, en el camino vecinal CU-1432 del distrito de Sicuani, 2021?

2.2.10.4. Formulación de los Problemas Específicos

Problema Específico N°01: ¿Cuánto varía el índice de plasticidad en el material granular de carretera km 5+400, para la estabilización de la superficie de rodadura utilizando yeso y aditivo Sika-1, en el camino vecinal CU-1432 del distrito de Sicuani, 2021?

Problema Específico N°02: ¿Cuánto varía la densidad máxima en el material granular de cantera km 5+400, para la estabilización de la superficie de rodadura utilizando yeso y aditivo Sika-1, en el camino vecinal CU-1432 del distrito de Sicuani, 2021?

Problema Específico N°03: ¿Cuánto varía la resistencia (C.B.R.) en el material granular de cantera km 5+400, para la estabilización de la superficie de rodadura utilizando yeso y aditivo Sika-1, en el camino vecinal CU-1432 del distrito de Sicuani, 2021?

Problema Específico N°04: ¿Cuál sería el mejor porcentaje de dosificación al material granular de cantera km 5+400, de yeso y aditivo Sika-1, para la estabilización de la superficie de rodadura, en el camino vecinal CU-1432 del distrito de Sicuani, 2021?

1.2. Justificación e Importancia de la Investigación

1.2.1. Justificación Técnica

El presente trabajo de investigación se justifica por la necesidad de trabajar en la calidad y el desempeño del material granular de cantera que se utiliza en la superficie de rodadura ante las solicitaciones de carga que ejercen los neumáticos de los distintos tipos de unidades vehiculares que transitan en nuestras carreteras no pavimentadas en los caminos vecinales y



augmentar la conservación de la superficie de las carreteras sin pavimentar mediante la estabilización del suelo.

Queda en constancia a nivel práctico que en el camino vecinal CU 1432 se ejecutó un mantenimiento periódico en el año 2020, dicho camino vecinal se esta ubicada en la provincia de Canchis, distrito de Sicuani, del cual se evidencio que se ejecutó el mantenimiento periódico en forma estandarizada, es decir no se utilizó ningún tipo de estabilizante que tengan una eficiencia bastante significativa para mejorar las propiedades físico mecánicas del material granular de cantera, viendo que en el transcurso del tiempo el material granular utilizado se deterioró y se evidenciaron algunos tipos de fallas, por lo tanto hemos optado la aplicación metodológica de una mezcla de yeso con aditivo sika-1 con el material granular de cantera existente en la zona.

Con la aplicación del yeso y aditivo Sika-1 se realizarán ensayos de laboratorio para los cuales se utilizarán las normas técnicas peruanas MTC y Manual de Carreteras.

1.2.2. Justificación Social

El presente trabajo de investigación se justifica por la necesidad de mejorar la transitabilidad de todos los beneficiarios existentes en la zona de Sicuani - Pampaphalla - Botadero, los cuales utilizan dicho camino vecinal para poder transportar sus productos agrícolas hacia el distrito de Sicuani, y así poder mejorar la economía de los beneficiarios, con calidad del transporte y disminuyendo los tiempos de duración de los viajes.

1.2.3. Justificación por Viabilidad

El presente trabajo de investigación será viable por que existe la metodología de estabilización de suelos, también el yeso y el aditivo Sika podemos adquirir con facilidad debido a su demanda de comercialización en la industria de la construcción, también existen los antecedentes de fallas geotécnicas en caminos vecinales, por lo que hay la posibilidad de



realizar los ensayos requeridos que cumplan la resolución directoral N°05-2016-MTC/14 la cual aprueba el manual de Mantenimiento De Caminos Vecinales.

1.2.4. Justificación por Relevancia

El presente trabajo de investigación es relevante porque se desea utilizar un método de combinación entre yeso con material granular de cantera y Sika-1 con agua, dos materiales relativamente económicos para mejorar el material granular de cantera que se utilizara en la superficie de rodadura, y así poder reducir el deterioro prematuro de la superficie de rodadura y mantener el servicio de transporte vehicular en dicho camino vecinal ya que es transitado a diario por los habitantes de la zona.

1.3 Limitaciones de la Investigación

La presente investigación se centra solo al estudio del material granular, que suministra la cantera Km 05+400 de la ruta CU-1432 del distrito de Sicuani.

La presente investigación se limita a la utilización de yeso y aditivo Sika-1, el yeso es de la cantera de Urubambillaloc dicha cantera está ubicada en la jurisdicción del centro poblado de Huacarpay, Distrito de Lucre, Provincia de Quispicanchi, este material ya está preparado y listo para sus diferentes usos, el aditivo Sika-1 es un producto industrial, que se usa en diferentes tipos de construcciones. La presente investigación se limita a no contemplar pruebas químicas de las mezclas de material granular de la cantera Km 05+400 con yeso y aditivo Sika-1.

1.4 Objetivo de la Investigación

1.4.1. Objetivo General

Determinar la propuesta para el mejoramiento de las propiedades físico-mecánicas del material granular de cantera km 5+400, para la estabilización de la superficie de rodadura utilizando yeso y aditivo Sika-1, en el camino vecinal CU-1432 del distrito de Sicuani, 2021.



1.4.2. Objetivos Específicos

Objetivo Específico N° 01: Determinar la variación del índice de plasticidad en el material granular de cantera km 5+400, para la estabilización de la superficie de rodadura utilizando yeso y aditivo Sika-1, en el camino vecinal CU-1432 del distrito de Sicuani, 2021.

Objetivo Específico N° 02: Determinar la densidad máxima del material granular de cantera km 5+400, para la estabilización de la superficie de rodadura utilizando yeso y aditivo Sika-1, en el camino vecinal CU-1432 del distrito de Sicuani, 2021.

Objetivo Específico N° 03: Determinar la Resistencia (C.B.R.) en el material granular de cantera km 5+400, para la estabilización de la superficie de rodadura utilizando yeso y aditivo Sika-1, en el camino vecinal CU-1432 del distrito de Sicuani, 2021.

Objetivo Especifico N° 04: Determinar el mejor porcentaje de dosificación óptima al material granular de cantera km 5+400, de yeso y aditivo Sika-1, para la estabilización de la superficie de rodadura, en el camino vecinal CU-1432 del distrito de Sicuani, 2021.



Capítulo II: Marco Teórico

2.1 Antecedentes de la Tesis o Investigación Actual

2.1.1 Antecedentes a nivel nacional

Antecedente número 1

Autor: Renzo José Guerrero Malpica

Título: “Capacidad Portante De Suelo Cohesivo Estabilizado Con Cal Y Sulfato De Calcio (Yeso) En 10%, 15% Y 25%”.

Institución: Universidad Privada del Norte.

Resumen

El objetivo principal de esta tesis fue determinar la capacidad portante de suelo cohesivo

Estabilizado en 10%, 15% y 25% de Cal y Sulfato de Calcio (Yeso) por sustitución. Mediante el análisis de los suelos de 3 canteras: Shultín, El Guitarrero y Shudal, obtuvieron pruebas de laboratorio la clasificación por el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos “SUCS”: CL (Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media), ML (Limos inorgánicos) y MH (Limos inorgánicos o arcillas de plasticidad alta) correspondientemente; se halló que el suelo más cohesivo fue el último y se procedió a realizar las pruebas de ensayo sin agente estabilizador; y luego adicionando el Sulfato de Calcio (Yeso) y Cal en proporciones de 10%, 15% y 25%.

Para el prueba Proctor Modificado, se consiguió una densidad máxima seca de 1.654gr/cm³ en la muestra patrón, 1.577gr/cm³, 1.545gr/cm³ y 1.527gr/cm³ para 10%, 15% y 25% de

Sulfato de Calcio; y 1.559gr/cm³, 1.560gr/cm³ y 1.561gr/cm³ para 10%, 15% y 25% de Cal respectivamente.



Para el ensayo CBR, se logró el valor de 2.70 en la modelo patrón, 7.00, 4.10 y 4.00; con 10%, 15% y 25% de sulfato de calcio, incrementando en 159%, 52% y 58% respectivamente; y 11.20, 10.80 y 10.60 para 10%, 15% y 25% de cal, aumentando en 315%, 300% y 293% respectivamente; se afirma que la hipótesis planteada al intensificar el valor CBR en más de 5% con la adición de ambos estabilizadores.

2.1.2 Antecedentes A Nivel nacional

Antecedente Número 2

Autor: Bach. Linberg Chinchay Díaz

Título: Influencia Del Aditivo Sika Dust Seal Como Agente Estabilizador De Suelos En La Trocha Carrozable Tramo La Serma - Tambillo Jaen, Cajamarca.

Institución: Universidad Nacional De Cajamarca.

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo determinar la influencia del aditivo Sika Dust Seal como agente estabilizador de suelos en la trocha carrozable del tramo en estudio.

Para el estudio se tomaron muestras de calicatas realizadas a 1.50 m de profundidad en distintos puntos de la trocha carrozable, así lograremos hallar en el laboratorio de suelos el tipo de suelo que actualmente esta presente en la trocha a nivel de subrasante para luego someterlo a las pruebas y/o ensayos pertinentes haciendo uso del aditivo Sika Dust Seal. Ya identificado el tipo de suelo (GP, GW, SP-SC, según SUCS y A-2-4 según AASHTO) y habiendo obtenido algunas propiedades físicas se continuo con agregar a las diversas muestras que se obtuvo, el aditivo Sika Dust Seal en proporciones y/o cantidades diferentes. Para la experimentación Proctor Modificado con aditivo, se hallaron las siguientes proporciones de aditivo teniendo como referencia los datos que se encuentran en la ficha técnica del producto, estos son: 6.37 cm³, 8.49 cm³ y 10.62 cm³ de Sika Dust Seal; seguidamente por cada mezcla (aditivo + agua) calculada se realizó el ensayo Proctor modificado y se consiguió un contenido perfecto y/o



óptimo de humedad el cual nos sirvió para lograr realizar el ensayo C.B.R. Con el contenido óptimo de humedad obtenido de cada ensayo Proctor modificado, se realizó el cálculo de una nueva solución para el ensayo C.B.R. Por lo cual se tomó como precedente la calicata 01 y para la combinación 01 misma que tiene contenido óptimo de humedad del 3.45%, esta humedad se usó para los tres puntos (12, 25 y 56 golpes) del ensayo C.B.R., donde se logró la siguiente dosificación: 200.63 cm³ de agua y 6.37 cm³ de aditivo, este procedimiento se repitió para desarrollar las demás combinaciones. Posteriormente se elaboró el ensayo de CBR y se concluyó en que existe un aumento del CBR (al 95% de la máxima densidad seca para 0.1” de penetración) beneficioso en la calicata 01, calicata 02, calicata 03 y calicata 04, en un 27.91%, 30.23%, 19.55% y 28.23% respectivamente.

2.2 Aspectos Teórico Pertinentes

2.2.1 Carretera

Los caminos para que transiten vehículos motorizados o por lo menos de dos ejes, cuyas particularidades geométricas, tales como: pendiente longitudinal, pendiente transversal, sección transversal, superficie de rodadura y demás componentes de la misma, deben cumplir las normas técnicas actuales y vigentes del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2016)

2.2.1.1 Carretera no Pavimentada

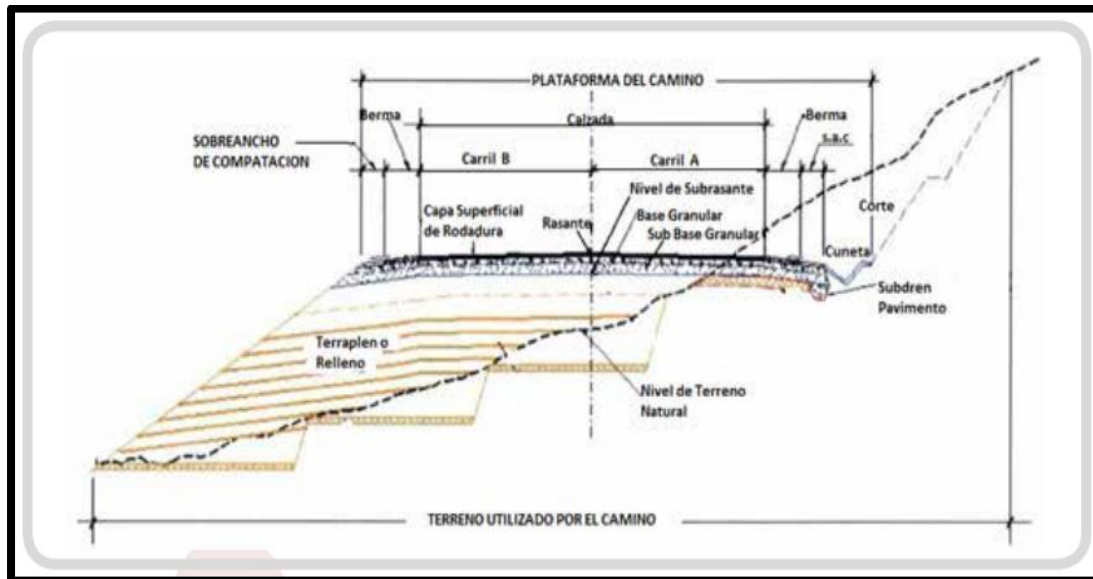
Carretera cuya superficie de rodadura está conformada por gravas o afirmado, suelos estabilizados o terreno natural (MTC, 2016).

2.2.2. Componentes de la infraestructura de una carretera (carretera no pavimentada)



Figura2

Componente de infraestructura de carretera no pavimentada.



Nivel de la carretera: Es el nivel completo de la superficie de la carretera. La línea de nivel se sitúa en el punto focal de la carretera.

Base: Capa de material selecto que se coloca en la parte superior de una subbase o subrasante y la capa de rodadura. Esta capa será de material granular ($CBR > 80\%$) o será tratada con, cal u hormigón.

Subbase: Capa que forma parte de la estructura de un pavimento que se encuentra inmediatamente por debajo de la capa de base. Esta capa puede ser de material granular ($CBR > 40\%$) o tratada con asfalto, cal o cemento.

Afirmado: El afirmado se compone de una capa compactada de material granular regular o tratado, con un grado particular que soporta sin problemas los esfuerzos y cargas del tránsito. Debe tener una proporción satisfactoria de material fino duradero para mantener las



partículas aglutinadas. Tiene la capacidad de funcionar como una superficie de curso en las vías rápidas y Caminos sin pavimentar.

2.2.2.1 Caminos con superficie no pavimentada.

Esta agrupación de Caminos comprende:

- Caminos de tierra.

Hechas de tierra regular y mejoradas con grava seleccionada por zarandeo.

- Caminos de grava (lastradas).

Formadas por una capa de revestimiento de piedra regular, seleccionada de forma artesanal o bien por zarandeo con un tamaño máximo de 75 mm.

- Caminos afirmados

Formadas por una capa de recubrimiento con materiales de cantera, dosificados manualmente o por medios mecánicos (zarandeo), con una dosis predeterminada, unida con una mezcla determinada, consolidada por una combinación adecuada de tres tipos de materiales: grava, arena y finos o tierra, con un tamaño máximo de 75 mm.

2.2.3. Carreteras con pavimentos económicos (Soluciones básicas)

- Caminos afirmados con superficie de rodadura estabilizada con materiales industriales.

Afirmados con material granular tratados con materiales, asfalto, cemento, cal, aditivos químicos y otros.

2.2.4. Estabilización química de suelos

La estabilidad química del suelo es una innovación establecida desde hace bastante tiempo que depende de la utilización de un elemento compuesto, que se mezcla íntima y de forma homogénea con el suelo a tratar, según los propios detalles especializados del elemento.



La estabilización del suelo se caracteriza por la mejora de las propiedades reales de un suelo a través de sistemas mecánicos y la unión de elementos de sustancias normales y manufacturadas. Este tipo de estabilización se realizan en general en suelos con subrasantes deficientes o pobres, por lo que se les conoce como estabilizador suelo cemento, cal del suelo, suelo asfalto y otros artículos variados.

Estabilizar un suelo consiste en mejorar sus propiedades físicas y/o mecánicas, como la resistencia al esfuerzo cortante, la deformabilidad o compresibilidad, la estabilidad volumétrica ante la presencia de agua, entre otras, buscando en todos los casos un comportamiento aceptable ante esfuerzo y deformación de los suelos y de la estructura que se coloca sobre ellos, a lo largo de su vida útil.

Se utiliza igualmente para estabilizar una subbase, base o material granular, para adquirir un material de calidad superior, denominándose subbase, base o material granular mejorado. La estabilización de los suelos consiste en dotarlos de resistencia mecánica y permanencia de tales propiedades en el tiempo. Los métodos son diferentes y van desde la expansión de un suelo más hasta la unión de al menos un agente estabilizante, cualquiera que sea el mecanismo de estabilización, es seguido de un proceso de compactación.

Los aditivos estabilizadores se pueden agrupar de la siguiente manera:

Tabla1

Clasificación de aditivos estabilizadores.



Absorbentes de agua	Cloruro de calcio Cloruro de sodio Cloruro de magnesio
Derivados del petróleo	Emulsión asfáltica Líquidos asfálticos Emulsiones de asfalto modificado
No derivados del petróleo	Grasa de animales Lignosulfatos Melaza-azúcar de beterraga Emulsiones de aceite de tallos Aceites vegetales
Electroquímicos	Enzimas Productos iónicos Aceite sulfonatos
Polímeros sintéticos	Acetato polivinílico Vinil acrílico
Aditivos de arcilla	Bentonita Montmorillonita
Cementantes	Cemento Cal Cenizas

Nota: Fuente: MTC – Dirección de Estudios Especiales.

2.2.8 Sika-1

Sika-1 es un producto destinado a la adecuación e impermeabilización de morteros en aplicaciones razonables. Sika-1 está compuesto por polímeros que actúan eliminando su capacidad de retención de agua.

2.2.8.1 Polímero

Estas son macromoléculas que se forman por la unión mediante enlaces covalentes de uno o más componentes simples conocidos como monómeros. Mismas que forman cadenas largas que se sueldan entre sí mediante las fuerzas de Van der Waals, puentes de hidrógeno o conocidas también como enlace de hidrógeno o interacciones hidrofóbicas.

2.2.9 Yeso

El yeso es un mineral que se compone por sulfato de calcio hidratado y una piedra sedimentaria de principio de sustancia, excepcionalmente normal en el exterior del mundo. El marco de cristalización es monoclinico y su propensión es granular-minimizada. Se presenta en masas y además en enormes gemas con piedra puntiaguda.

Usos del yeso:



Molido y cocido en hornos especiales, en este proceso se desprende completamente del agua para luego dar paso al yeso que es utilizado en la industria de la construcción como pasta de agarre, juntas, guarnecidos y revoques; también forma parte de la materia prima que se usa en los estucos, cemento portland (como elemento retardador del fraguado) y paneles de yeso prefabricados, entre otros.

Triturado y sin cuajar, se utiliza en la agricultura para la limpieza (ayuda a eliminar los metales importantes) y el tratamiento del suelo (es rico en calcio y azufre). Sustituye el sodio por el calcio, fomentando aún más el diseño de la tierra sin ampliar el pH, como hace la cal. En la naturaleza, su parte fundamental es el sulfato de calcio y dos átomos de agua.

2.2.9.1. Yacimientos de Yeso:

El yeso es normal en las rocas sedimentarias donde se conservan las sales marinas y en los suelos que se forma por la desaparición y consiguiente hidratación de la anhidrita. Además, se crea por la actividad de los gases volcánicos sulfurosos en las rocas circundantes. Por lo tanto, es muy posible que se encuentre en los lugares donde se dan estas condiciones.

2.2.10. Redes viales

Una red vial se entiende como cualquier superficie de terreno, pública o privada, por la que circulan los peatones y los vehículos, que está señalizada y bajo el ámbito de los especialistas públicos y, además, comunes, responsables del uso de las normas de tránsito, a través de las cuales se pueden establecer relaciones comerciales entre los productores y los compradores, entre los vendedores y los compradores y entre varias ciudades.

2.2.10.1. Red vial nacional.

Se refiere a las vías de interés público, constituidas por los principales ejes longitudinales y transversales, que establecen la base del Sistema Nacional de Carreteras



(SINAC). Se inscribe como un componente de obtención de las carreteras departamentales o locales y de las carreteras zonales o rurales.

Tabla 2

Registro nacional de carreteras.

ID	UBIGEO	DEPARTAMENTO	Nº DE PROVINCIAS	Nº DE RUTAS
1	01	AMAZONAS	7	200
2	02	ANCASH	20	374
3	03	APURIMAC	7	139
4	04	AREQUIPA	8	345
5	05	AYACUCHO	11	211
6	06	CAJAMARCA	13	317
7	07	CALLAO	0	0
8	08	CUSCO	13	328
9	09	HUANCAVELICA	7	216
10	10	HUANUCO	10	309
11	11	ICA	5	328
12	12	JUNIN	9	529
13	13	LA LIBERTAD	11	722
14	14	LAMBAYEQUE	3	334
15	15	LIMA	9	172
16	16	LORETO	5	55
17	17	MADRE DE DIOS	3	153
18	18	MOQUEGUA	3	39
19	19	PASCO	3	230
20	20	PIURA	8	250
21	21	PUNO	13	234
22	22	SAN MARTIN	10	510
23	23	TACNA	4	146
24	24	TUMBES	3	60
25	25	UCAYALI	3	147
TOTALES			188	6348

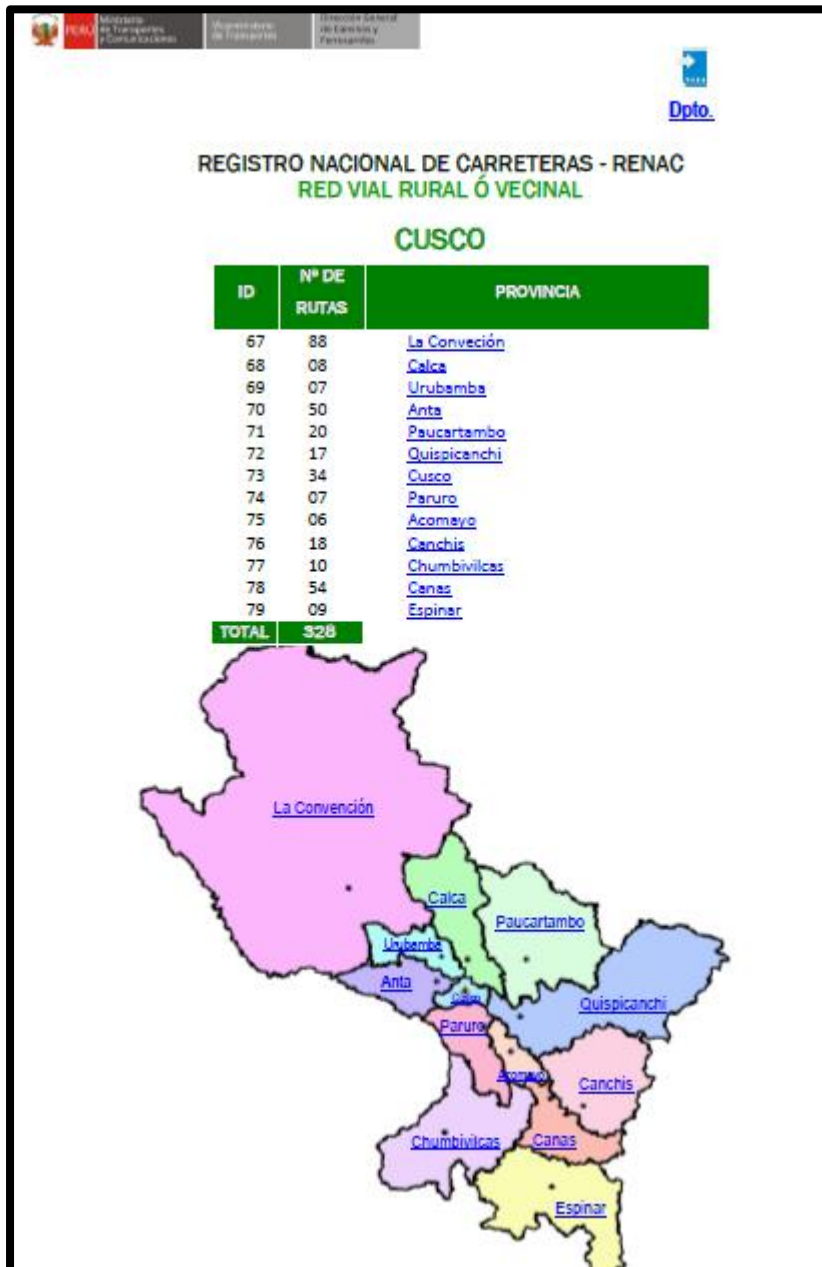
Nota: Fuente (dirección general de caminos y ferrocarriles, MTC)

2.2.10.2. Red vial departamental o regional.

Comprende las carreteras que conforman la red vial dentro de la extensión de un gobierno regional. Explica fundamentalmente la red de carreteras públicas con la organización de la red vial vecinal o rural.

Tabla 3

Registro regional de carreteras.



Nota: Fuente (dirección general de caminos y ferrocarriles, MTC)



2.2.10.5. *Red vial vecinal o rural.*

Carreteras que conforman la red de vial a nivel local, cuya capacidad es la de conectar de provincia con las capitales de distrito, entre sí, con centros poblacionales o espacios de impacto cercano y con las organizaciones de carreteras nacionales y departamentales o regionales.

Tabla 4

Registro de carreteras de la provincia de Cuzco

PERU Ministerio de Transportes y Comunicaciones Viceministerio de Transportes Dirección General de Caminos y Ferrocarriles

Dpto. Provincia

REGISTRO NACIONAL DE CARRETERAS - RENAC
RED VIAL RURAL Ó VECINAL
CUSCO
10. PROVINCIA: CANCHIS

ID	CÓDIGO	TRAYECTORIA
1824	CU-746	Emp. PE-3S - Tinta - Yanaoca.
1825	CU-747	Emp. PE-3S - Antaccacca.
1826	CU-748	Emp. PE-3S - Chiara - Cullicuyre.
1827	CU-749	Emp. PE-3S (Combapata) - Huatuccane - Jayunbamba.
1828	CU-750	Emp. PE-3S (Pte. San José) - Queromarca.
1829	CU-751	Emp. PE-3S - Chara - Emp. PE-3S (San Pablo).
1830	CU-752	Emp. PE-3S (San Pedro) - Cuchuma.
1831	CU-753	Emp. PE-3S - Chihuaco.
1832	CU-754	Emp. PE-3S (Onoccora) - Lari.
1833	CU-755	Emp. PE-3S (Onoccora) - Pampacallasaya.
1834	CU-756	Emp. PE-3S - Sullca.
1835	CU-757	Emp. PE-3S (Sicuani) - Capillani.
1836	CU-758	Emp. PE-3S (Marangani) - Silly.
1837	CU-759	Emp. PE-3S - Hda. Uyucani - Quisini - Payahuarni.
1838	CU-760	Emp. PE-3S - Est. San Pedro - Pichura.
1839	CU-761	Emp. PE-3S (Dv. Sicuani) - Condorsecca - Chapic.
1840	CU-762	Emp. PE-3S - San Pablo de Cacha.
1841	CU-763	Emp. PE-3S H (Marannioc) - Emp. CU- 126 (Livitaca).

Fuente (dirección general de caminos y ferrocarriles, MTC)

2.2.11. *Propiedades elementales de los suelos.*



2.2.11.1. Granulometría.

La granulometría muestra la distribución del tamaño de las partículas de un suelo decidiendo la curvatura granulométrica por tamizado en un segmento de tamices de la serie normalizada. Los tamices utilizados se acoplan de manera que sus aberturas disminuyan de arriba hacia abajo. La muestra se vierte en el tamiz superior y la disposición de los tamices se expone a la actividad de un agitador mecánico o manual (Márquez, 2006).

Tabla 5

Tamaños de la serie de tamices estándar ASTM

Malla N°	Abertura (mm)
3"	75.00
2"	50.80
1 ½"	38.10
1"	25.40
¾"	19.00
½"	12.6
3/8"	9.50
#4	4.76
#10	2.00
#20	0.85
#40	0.43
#50	0.30
#100	0.15
#200	0.08

Nota: Fuente Mecánica de Suelos y Estudios Geotécnicos en Obras de Ingeniería

La curva granulométrica se utiliza para decidir las aberturas por las que pasa el 10, el 30 y el 60% del suelo. El ensayo granulométrico es una prueba de identificación que no se



obtendrán índices que expresan cuantitativamente las propiedades mecánicas de un suelo. La granulometría junto con diferentes ensayos pondrá de manifiesto desde un punto de vista cualitativo cuando dos suelos son similares y cabe esperar un comportamiento parecida.

2.2.11.2. Contenido de humedad.

Se trata de la humedad gravimétrica.

$$W = \frac{W_{H2O}}{W_s}$$

Siendo W_{H2O} el peso del agua que contiene el suelo y W_s el peso del suelo seco (peso de las partículas sólidas).

2.2.12. Peso Específico.

Como se indica en las definiciones del texto de mecánica del suelo y geotecnia considera en el diseño de obras de Márquez (2006), tenemos los significados que acompañan a la gravedad explícita del suelo.

2.2.12.1. Peso específico de las partículas sólidas (G_s).

Es el cociente entre el peso de las partículas sólidas y el volumen de partículas sólidas

$$G_s = \left(\frac{W_s}{V_s} \right)$$

El valor de típico de G_s de las arenas es aproximadamente $2,65 \text{ T/ m}^3$ y el de las arcillas entre $2,5$ y $2,9 \text{ T/ m}^3$.

2.2.12.2. Peso específico seco de un suelo (γ_d).

Es el cociente entre el peso de las partículas sólidas y el volumen total:

$$\gamma_d = \left(\frac{W_s}{V_T} \right)$$

Sustituyendo y operando se obtiene:

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V_T} = \frac{G_s V_s}{V_T} = \frac{G_s V_s}{V_s + V_p} = \frac{G_s}{1+e}$$



2.2.12.3. *Peso específico aparente del suelo (γ).*

Depende del contenido de humedad del suelo:

$$\gamma = \frac{W_T}{V_T} = \frac{W_S + W_{H_2O}}{V_T} = \frac{W_S}{V_T} + \frac{W_{H_2O}}{V_T} = \gamma_d + \frac{W_S \omega}{V_T} = \gamma_d + \gamma_d \omega = \gamma_d (1 + \omega)$$

2.2.12.4. *Peso específico saturado (γ_{sat}).*

Este es el valor más alto que puede tomar el peso específico saturado y se produce cuando todos los poros están ocupados por agua:

$$\gamma_{sat} = \frac{W_S + W_{H_2O}}{V_T}$$

Teniendo en cuenta que el peso específico del agua es:

$$\gamma_W = \frac{W_{H_2O}}{V_{H_2O}} = \frac{W_{H_2O}}{V_p}$$

Se obtiene:

$$\gamma_{sat} = \frac{W_S + \gamma_W V_p}{V_T} = \gamma_d + \frac{V_p \gamma_W}{V_T} = \gamma_d + n \gamma_d = \gamma_d + \frac{V_p W_{H_2O}}{V_T V_p} = \gamma_d + \frac{W_{H_2O}}{V_T} = \gamma_d (1 + \omega)$$

Puesto que, en este caso, el suelo se encuentra en saturación, el contenido de humedad será (ω_{sat}), por lo que:

$$\gamma_{sat} = \gamma_d (1 + \omega_{sat})$$

2.2.12.5. *Peso específico sumergido (γ_{sum} o γ').*

Se produce cuando un material está por debajo del nivel freático. Se define cómo la diferencia del peso específico saturado y el peso específico del agua.

$$\gamma_{sum} = \gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_W = \gamma_d + n \gamma_d - \gamma_W = \gamma_d + \gamma_d (n - 1)$$

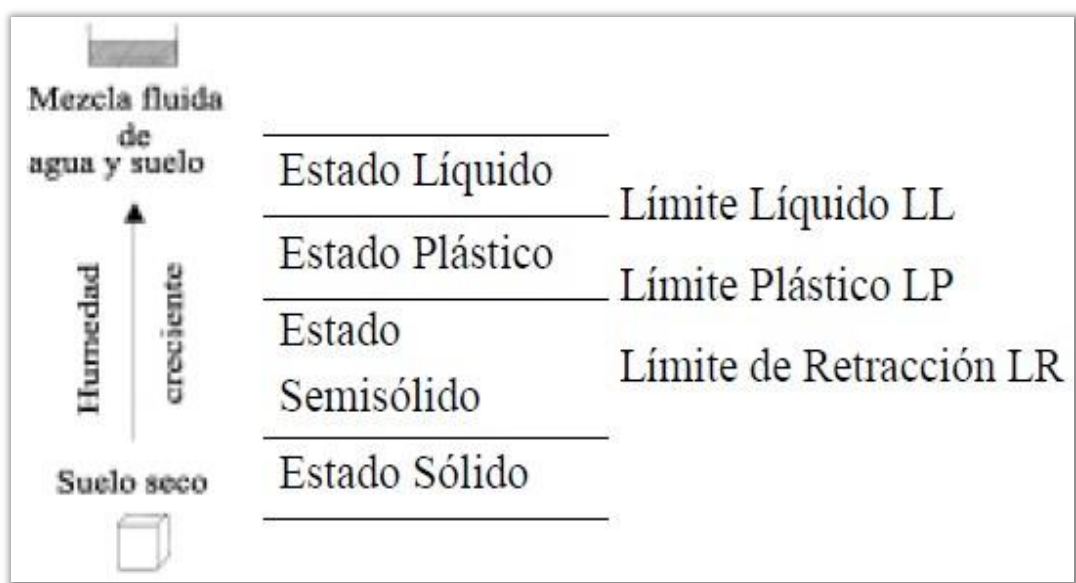
2.2.13. *Plasticidad (límites de atterberg).*



Tal y como indica Márquez (2006), en la medida de lo posible dan información sobre el estado de consistencia o resistencia de las partículas del suelo. El punto de corte que coordina el estado de consistencia de un suelo es el contenido de humedad y a medida que el contenido de humedad baja el suelo puede pasar por los estados fluido, plástico, semisólido y fuerte, acumulándose entre ellos los límites líquidos, plástico y de retracción.

Figura 3

Límites de atterberg y estados de consistencia de un suelo



Fuente: Mecánica de Suelos y Estudios Geotécnicos en Obras de Ingeniería José Javier Márquez

Si tomamos un trozo de suelo arcilloso seco, este se encuentra un estado sólido por lo que se hace difícil fragmentarlo de forma manual. En el caso de que hagamos gotear agua sobre este suelo, de a poco, llegara el momento en el que se hincha, se alcanzó el Límite de Retracción (LR); si seguimos vertiendo agua, el bloque empieza a desmenuzarse, pero sin tener la opción aun de moldearse, estamos en el estado semisólido, que finaliza en el momento en el cual se obtiene una masa que se que se puede moldear sin esfuerzo alguno sin romperse ni desmenuzarse.



Se ha llegado al Límite Plástico (LP). En el caso de que se siga añadiendo agua, la masa resulta excesivamente moldeable, estamos en el estado plástico, hasta que la masa fluye, llegando al límite Líquido (LL), a partir del cual se encuentra en el estado líquido.

Para determinar los Límites del Atterberg, se usará sólo una porción de suelo que pasa por el tamiz de 0,40 mm (#40 ASTM).

2.2.14.1. Límite líquido.

Se determina mediante la prueba de la cuchara de Casagrande, en el fondo de la cuchara se mezcla una porción de suelo amasado con cierta cantidad de agua llegando a formar un casquete esférico que se divide en dos proporciones con un acanalador normalizado formando un surco. La cuchara se agita a un ritmo de dos golpes cada segundo, hasta que los bordes de la muestra de la parte inferior de la cuchara se unan, y se cuenta la cantidad de golpes para cada porcentaje de humedad. El porcentaje de humedad que corresponde a 25 golpes es el Límite Líquido.

2.2.14.2. Límite plástico.

El Límite Plástico corresponde a la menor humedad de un suelo que permite realizar con él pequeños cilindros de 3 mm de diámetro.

Si los cilindros se rompen con un diámetro superior a 3 mm, la humedad es inferior al LP y si se rompen con un diámetro inferior, la humedad del suelo supera al LP.

Límite de retracción. El Límite de Retracción es el contenido de humedad por debajo del cual, una pérdida de agua por secado, no produce una reducción de volumen de suelo.

Índice de plasticidad. Es la disimilitud entre los límites líquido y plástico e indica el intervalo de humedades entre las cuales el suelo se comporta como un material plástico, es decir mide la plasticidad del suelo.

$$IP = LL - LP$$



Un límite líquido elevado muestra una alta elasticidad del suelo. Un valor muy elevado del índice plástico implica una alta probabilidad de expansión. La plasticidad se relaciona con diferentes propiedades del suelo como la cohesión, la compresibilidad etc. No es significativo que el material tenga plasticidad ya que en el caso de que se aplique una carga, el material se deformará. En este sentido, es conveniente utilizar suelos que tengan una conducta flexible con distorsiones recuperables, por lo que conviene que el IP sea pequeño.

Tabla 6

Valores orientativos de los límites de atterberg (humedad gravimétrica) para diferentes suelos.

TIPO DE SUELO	ARENA	LIMO	ARCILLA
Límite Líquido	15-20	30-40	41-150
Límite Plástico	-	20-25	25-50
Límite de Retracción	12-18	14-15	5-10

Fuente: Mecánica de Suelos y Estudios Geotécnicos en Obras de Ingeniería. José Javier Márquez.

- **Compactación del suelo.** La compactación del suelo es un ciclo característico de reducción del volumen de los poros del suelo realizado por la acción de cargas estáticas a lo largo de un tiempo prolongado. La compactación es un proceso mecánico dirigida a ajustar las partículas del suelo para reducir el volumen de los poros e incrementar la densidad. De este modo, se logra una mayor resistencia o capacidad de soporte y menor permeabilidad. Es un ciclo elemental en la ejecución de obras, por ejemplo, de carreteras o caminos, ya que, si los materiales no están suficientemente compactados, la resistencia disminuye y hay mayor posibilidad de que se produzcan fallas (Márquez, 2006, p.12).

- **Contenido de humedad.** El ingeniero R. Proctor demostró que para contenidos de humedad crecientes y una energía de compactación dada, la densidad se eleva a medida que el

agua va pasando como un lubricante entre las partículas del suelo, expandiendo la densidad de manera limitada en la cual, al seguir agregando agua, la densidad comienza a disminuir.

El agua ha dejado de desalojar el aire y, al ser incompresible, comienza a desplazar las partículas de suelo, ampliando el volumen y disminuyendo la densidad. Para cada suelo hay un contenido de humedad que da la máxima densidad seca.

Este es el contenido de humedad ideal que se debe utilizar en obras cuando se va a compactar un suelo.

Tabla 7

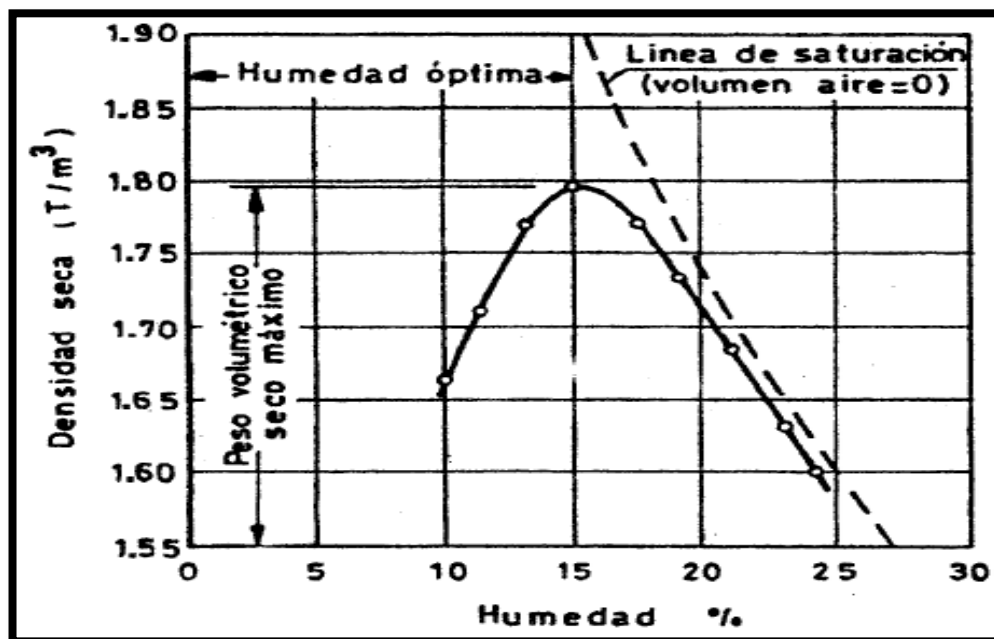
Valores orientativos de humedad óptima y densidad seca máxima de distintos suelos.

TIPO DE SUELO	HUMEDAD ÓPTIMA (%)	DENSIDAD SECA (kg/m^3)
Arcilloso	20-30	1450-1700
Limo – Arcilloso	15-20	1600-1850
Areno – Arcilloso	8-15	1750-2150

FUENTE: Mecánica de Suelos y Estudios Geotécnicos en Obras de Ingeniería – José Javier Márquez.

Figura 4

Curva típica de compactación.



Nota: fuente mecánica de Suelos y Estudios Geotécnicos en Obras de Ingeniería (Márquez, 2016)



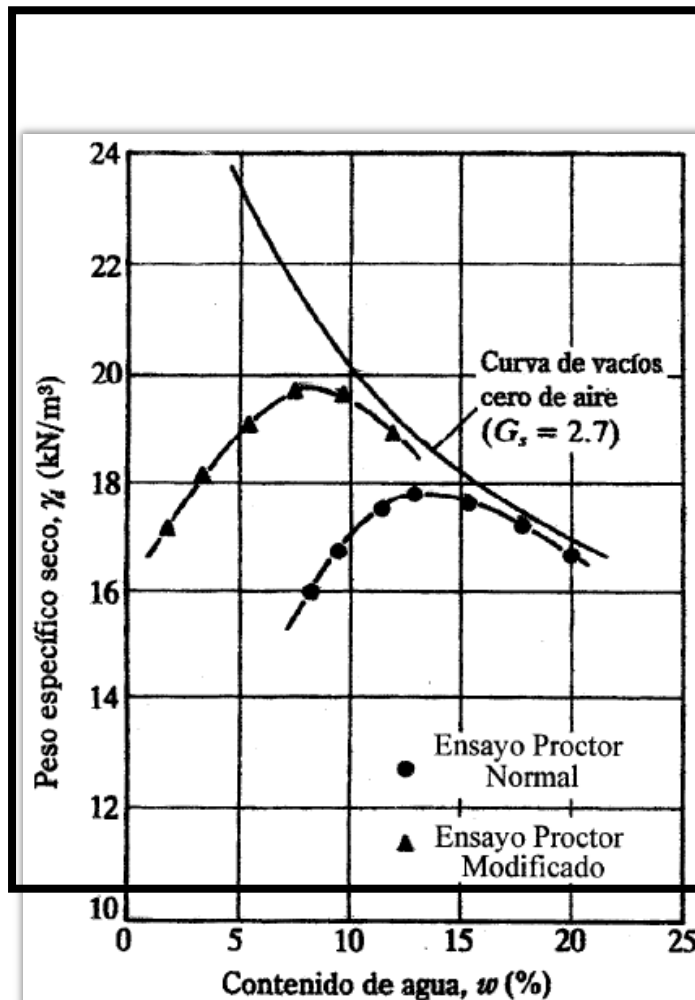
- **Energía y método de compactación empleado (Proctor Modificado).**

Al incrementar la energía de compactación se tiene un incremento de la densidad seca máxima y una disminución del contenido óptimo de humedad, lo que hace que la curva de compactación Proctor se desplace hacia la izquierda y hacia arriba.

Esta situación que se produce en el ensayo Proctor modificado, en el que se utiliza una energía de compactación mayor que en el ensayo normal, se muestra en la figura adjunta.

Figura 5

Efecto de la energía de compactación en la curva Proctor.



Nota: fuente, mecánica de Suelos y Estudios Geotécnicos en Obras de Ingeniería, José Javier Márquez.



Los compactadores actuales permiten aplicar una elevada energía de compactación, por lo que no es difícil adquirir la máxima densidad seca obtenida en laboratorio mediante el ensayo Proctor modificado.

Existen dos métodos de compactación:

(a) Aplicación de energía dinámica o por impacto: se trata de un peso que se deja caer a una altura determinada del suelo. Si se incrementa el peso o la cantidad de golpes, aumentara la energía de compactación. En obra se realiza con rodillos de compactación, como rodillos vibratorios lisos; es el sistema más utilizado ya que logra mejores resultados en suelos no cohesivos.

b) Aplicación de energía estática: son cilindros que no vibran y cuya superficie externa no es lisa, sino que tiene salientes, como, por ejemplo, el rodillo tipo "pata de cabra". Pueden moldear el suelo y aplicar energía estática. Son los más utilizados en los suelos arcillosos.

2.2.15. CBR o relación de soporte de california.

El ensayo CBR (ASTM denomina a la prueba esencialmente una prueba de relación de soporte) mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones controladas de humedad y densidad. (Bowles, 1980).

El número CBR se obtiene como la proporción de la carga unitaria (en libras por pulgada cuadrada) necesaria para conseguir una profundidad de penetración del pistón (con un área de 19,4 cm²) en el interior de la muestra compactada de suelo a un contenido de humedad y densidad dadas con respecto a la carga unitaria patrón requerido para obtener la misma profundidad de penetración en una muestra estándar de material triturado.

En forma de ecuación esta es:



$$\text{CBR} = \frac{\text{Carga unitaria del ensayo.}}{\text{Carga unitaria patrón.}} \times 100$$

(Joseph E. Bowles, 1980)

De esta ecuación tiende a verse que el número CBR es un porcentaje de la carga unitaria patrón unidad. El número CBR se fundamenta típicamente en la relación de carga para una penetración de 2,5 mm. no obstante si el valor de CBR a una penetración de 5,0 mm es mayor, el ensayo debería repetirse. Si una prueba posterior proporciona una estimación CBR mayor de 5,0 mm de penetración, dicho valor debe aceptarse como el valor final del ensayo.

Tabla 8

Penetración y carga unitaria

PENETRACION		CARGA UNITARIA PATRON.	
mm	pulg	Mpa	si
2.50	0.10	6.90	1,000
5.00	0.20	10.30	1,500
7.50	0.30	13.00	1,900
10.00	0.40	16.00	2,300
12.70	0.50	18.00	2,600

Nota: Fuente (Bowles, 1980)

2.2.16. Clasificación de suelos.

La clasificación proporciona datos cualitativos sobre las propiedades mecánicas y el comportamiento de un suelo. Existen diversos sistemas de clasificación, pero nos centraremos en los dos siguientes:

(a) Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, creado por Casagrande y recordado por los principios de la ASTM (American Society for Testing and Materials).

b) AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials).

2.2.16.1. Clasificación ASTM.



Se establece que, a partir de la granulometría, la uniformidad, los límites de Atterberg y el contenido de materia orgánica. Sólo se utilizará el material que pase por el tamiz de 3". El sistema divide los suelos en dos grupos principales, gruesos y finos, en función del pasante por el tamiz ASTM N° 200. Los suelos de grano grueso se dividen en gravas y arenas en función de su paso por el tamiz ASTM N° 4.

Estas gravas o arenas, se catalogan en función del porcentaje de finos que presentan (% que pasa por el tamiz N° 200 ASTM) en limpias y sucias. Las gravas y arenas limpias se dividen en bien graduadas o mal graduadas en función de los coeficientes C_c y C_u . Las gravas y las arenas sucias se diferencian en función del índice de plasticidad y la línea A del ábaco de plasticidad de Casagrande.

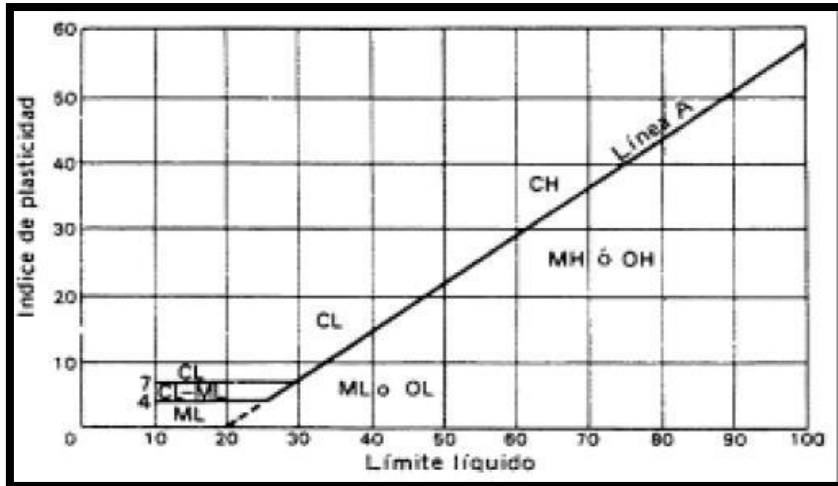
En el caso de gravas y arenas existen, además, símbolos dobles si el porcentaje de finos está entre el 5 y 12 % o si el suelo se encuentra sobre la línea A, del ábaco de plasticidad de Casagrande, y el índice de plasticidad entre 4 y 7. Una simbología corresponderá a uno de los grupos de las gravas o arenas limpias, aquella que cumpla los requisitos, y otra a uno de los grupos de las gravas o arenas con finos, el que cumpla los requisitos.

Las gravas con símbolo doble podrán ser GC-GW, GM-GW, GC-GP o GM-GP. Las posibles arenas con símbolo serán SC-SW, SM-SW, SC-SP o SM-SP. Con el Índice de Plasticidad y el Límite Líquido se obtiene la posición del suelo en el gráfico de plasticidad de Casagrande.

La ecuación de la línea A es: $IP = 0.73 (LL-20)$

Figura 6

Abaco de plasticidad de Casagrande.



Nota: fuente, mecánica de Suelos y Estudios Geotécnicos en Obras de Ingeniería, José Javier Márquez.

Tabla 9

Clasificación de suelos según ASTM.



Descripción			Símbolos de grupo	Criterios de laboratorio					
				Finos (%)	Gradación	Plasticidad	Notas		
Grano grueso [Más de 50% de tamaño mayor que la medida del tamiz No.200 (0.074 mm)]	Gravas [Más de 50% de la fracción gruesa, es retenida por el tamiz n° 4 (4.76 mm)]	Gravas bien escalonadas, gravas arenosas, con escasos finos o sin ellos	GW	0 - 5	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $1 < C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} < 3$		Símbolos duales si los finos van de 5 a 12% . Símbolos duales si están sobre la línea A, y $4 < I_p < 7$		
		Gravas pobremente escalonadas, arenosas, con escasos finos o sin ellos	GP	0 - 5					
		Gravas sedimentarias, gravas arenosas arcillosas	GM	> 12		Por debajo de la línea "A" o $I_p < 4$			
		Gravas arcillosas, gravas arenosas arcillosas	GC	> 12		Por encima de la línea "A" con $I_p > 7$			
	Arenas [Más de 50% de la fracción gruesa, pasa por el tamiz n° 4 (4.76 mm)]	Arenas bien escalonadas, arenas con grava, con pocos finos o sin ellos	SW	0 - 5	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ $1 < C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}} < 3$				
		Arenas pobremente escalonadas, arenas con gravas, con pocos finos o sin ellos	SP	0 - 5					
		Arenas sedimentarias	SM	> 12		Por debajo de la línea "A" o $I_p < 4$			
		Arenas arcillosas	SC	> 12		Por encima de la línea "A" con $I_p > 7$			
		Grano fino [Más de 50% de tamaño menor que la medida del tamiz No.200 (0.074 mm)]	Sedimentos y arcillas (Límite líquido inferior a 50)	Sedimentos inorgánicos, arenas finas sedimentarias o arcillosas, con leve plasticidad	ML	Usar diagrama de plasticidad			
				Arcillas inorgánicas, sedimentarias, arenosas de baja plasticidad	CL	Usar diagrama de plasticidad			
Sedimentos orgánicos y arcillas sedimentarias orgánicas de baja plasticidad	OL			Usar diagrama de plasticidad					
Sedimentos y arcillas (Límite líquido superior a 50)		Sedimentos orgánicos de alta plasticidad	NH	Usar diagrama de plasticidad					
		Arcillas inorgánicas de alta plasticidad	CH	Usar diagrama de plasticidad					
		Arcillas orgánicas de alta plasticidad	OH	Usar diagrama de plasticidad					
Suelos altamente orgánicos	Turba y suelos altamente orgánicos	Pt							

Fuente: Mecánica de Suelos y Estudios Geotécnicos en Obras de Ingeniería. José Javier Márquez

Los suelos de grano fino se clasifican en función del IP y LL, haciendo uso del ábaco de plasticidad de Casagrande.

Habiendo ya conocido el tipo de suelo en cuestión se recurre a la información cualitativa que proporciona la clasificación de los diferentes grupos de suelos del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos para su empleo en diferentes obras.

Tabla 10

Propiedades y aplicaciones de los suelos en obras de ingeniería.



Tipo de suelo	Propiedades más importantes			Aptitud relativa para presas de tierra		
	Permeabilidad	Resistencia al corte	Compresibilidad	Homogéneas	Núcleo	Espaldones
GW	Permeable	Excelente	Despreciable	No apto	No apto	Buena
GP	Muy permeable	Buena	Despreciable	No apto	No apto	Buena
GM	Semipermeable a impermeable	Buena	Despreciable	Buena	Regular	No apto
Tipo de suelo	Propiedades más importantes			Aptitud relativa para presas de tierra		
	Permeabilidad	Resistencia al corte	Compresibilidad	Homogéneas	Núcleo	Espaldones
GC	Impermeable	Buena a regular	Muy baja	Buena	Buena	No apto
SW	Permeable	Excelente	Despreciable	No apto	No apto	Buena
SP	Permeable	Buena	Muy baja	No apto	No apto	Regular
SM	Semipermeable a impermeable	Buena	Baja	Regular	Regular	No apto
SC	Impermeable	Buena a regular	Baja	Buena	Buena	No apto
ML	Semipermeable a impermeable	Regular	Media	Regular	Regular	No apto
CL		Regular	Media	Regular	Buena	No apto
OL	Semipermeable a impermeable	Deficiente	Media	Mala	Mala	No apto
MH	Semipermeable a impermeable	Regular a deficiente	Elevada	Mala	Mala	No apto
CH	Impermeable	Deficiente	Elevada	Mala	Mala	No apto
OH	Impermeable	Deficiente	Elevada	Mala	Mala	No apto
Pt	-	-	-	-	No apto	No apto

Nota: Fuente Mecánica de Suelos y Estudios Geotécnicos en Obras de Ingeniería. José Javier Márquez.

2.2.16.2. Clasificación AASHTO.

Se utiliza sobre todo en la construcción de caminos y carreteras. Este marco de clasificación caracteriza los suelos en siete agrupaciones y varios subgrupos, y los ensayos necesarios se reducen al análisis granulométrico (tamices ASTM N.º 10, 40 y 200), la determinación de los límites de Atterberg y el cálculo del índice de grupo (IG), que es un número entero del rango de 0 y 20 adquirido a partir de la ecuación siguiente:



$$IG = (F-35) (0.2+0.005(LL-40))+0.01(F-15)(IP-10)$$

En la cual:

F : Porcentaje que pasa la malla N° 200.

LL : limite líquido.

IP : índice de plasticidad.

El Índice de Grupo demuestra la idoneidad de un suelo determinado para la construcción. Cuanto más bajo sea el Índice de Grupo, mejor será el suelo. La disposición utiliza la letra A seguida de un registro, del 1 al 7, que puede tener así una lista más. La calidad del suelo disminuye a medida que aumenta el registro relativo, por lo que A-1 es superior a A-2. Lo mismo puede decirse de los segundos archivos. La partición entre suelos granulares y limosos se establece por la suma que pasa por el tamiz ASTM N° 200.

TAMIZ ASTM 200. Los suelos en los que esta porción es equivalente o inferior al 35% son granulares, mientras que los suelos en los que esta división es superior al 35% son limo-arcillosos. Los efectos posteriores de las pruebas se muestran en la tabla, de izquierda a derecha por el extremo. La reunión principal de la izquierda en la que coincidan los resultados de las pruebas será la que se compare con el suelo descompuesto.

Las clases de suelo que establece el sistema son:

A-1-a : Principalmente gravas con o sin partículas finas de granulometrías claras.

A-1-b : Arena con o sin partículas finas de granulometrías bien definidas.

A-2-4 : Materiales granulares con partículas finas limosas.

A-2-5 : Intermedio.

A-2-6 : Materiales granulares con partículas finas arcillosas.

A-2-7 : Intermedio.



A-3 : Arena poco repasada que prácticamente no contiene partículas finas ni gravas.

A-4 : Principalmente partículas finas limosas.

A-5 : Tipos de suelo poco frecuentes que contienen partículas finas limosas, en general versátiles y difíciles de reducir.

A-6 : Que contiene partículas finas limosas o arcillosas con un punto de rotura de fluidos bajo.

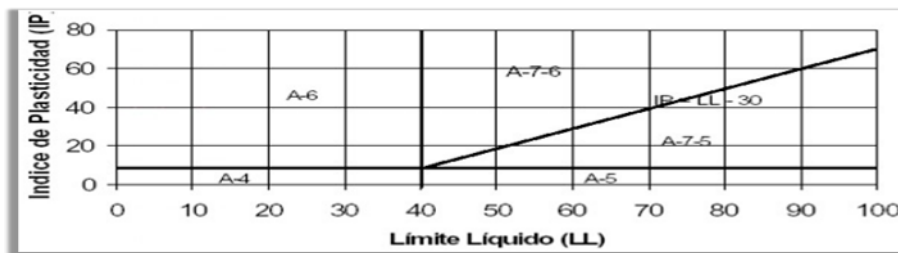
A-7-5 : Las arcillas y residuos más plásticos.

A-7-6 : Los lodos o arcillas y limos más plásticos.

Para la agrupación de los suelos A-4, A-5, A-6 y A-7, conociendo el IP y el LL, se debe utilizar igualmente el gráfico adjunto.

Figura 7

Clasificación de suelos según AASHTO



Nota: Fuente, mecánica de Suelos y Estudios Geotécnicos en Obras de Ingeniería. José Javier Márquez.



Tabla 11

Clasificación de suelos según AASHTO

CLASIFICACIÓN GENERAL	MATERIALES GRANULARES (Menos del 35% pasa por el tamiz n° 200)						MATERIALES LIMO-ARCILLOSOS (Más del 35% pasa por el tamiz n° 200)				
Grupo	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Subgrupo	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5 A-7-6
Análisis granulométrico: % que pasa el tamiz:											
N° 10	50 máx.										
N° 40	30 máx.	50 máx.	51 mín.								
N° 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características de la fracción que pasa por el tamiz n° 40											
Limite liquido				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad (1)	6 máx.	6 máx.	No plástico	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Índice del grupo (2)	0		0	0			4 máx.	8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Tipos de materiales preponderantes	Fragmentos de piedra, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limosa o arcillosa				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Valor general como cimiento	Excelente a bueno						Regular a malo				

(1) El Índice de Plasticidad del subgrupo A-7-5 es igual o menor que el Limite Líquido menos 30. El Índice de Plasticidad del subgrupo A-7-6 es mayor que el Limite Líquido menos 30.

(2) El Índice de grupo debe ponerse en un paréntesis después del símbolo del grupo.

Nota: Fuente Mecánica de Suelos y Estudios Geotécnicos en Obras de Ingeniería. José Javier Márquez



2.3 Hipótesis

2.3.1 *Hipótesis General*

La propuesta para el mejoramiento de las propiedades físico-mecánicas del material granular de cantera km 5+400, para la estabilización de la superficie de rodadura utilizando yeso y aditivo Sika-1, mejorará las propiedades físico-mecánicas en la superficie de rodadura del camino vecinal CU-1432 del distrito de Sicuani 2021.

2.3.2 *Sub Hipótesis*

Sub Hipótesis N° 01: Existirá una disminución en el índice de plasticidad del material granular de cantera km 5+400, para la estabilización de la superficie de rodadura utilizando yeso y aditivo Sika-1, en el camino vecinal CU-1432 del distrito de Sicuani, 2021.

Sub Hipótesis N° 02: La densidad máxima de campo será mayor en el material granular de cantera km 5+400, para la estabilización de la superficie de rodadura utilizando yeso y aditivo Sika-1, en el camino vecinal CU-1432 del distrito de Sicuani. 2021.

Sub Hipótesis N° 03: La resistencia (C.B.R.) será mayor en el material granular de cantera km 5+400, para la estabilización de la superficie de rodadura utilizando yeso y aditivo Sika-1, en el camino vecinal CU-1432 del distrito de Sicuani, 2021.

Sub Hipótesis N° 04: La dosificación óptima del material granular de cantera km 5+400 con la aplicación de la mezcla de yeso y aditivo Sika-1, será de un porcentaje no mayor de 10%, para mejorar la estabilización de la superficie de rodadura del camino vecinal CU-1432 del distrito de Sicuani, 2021.

2.4 Definición de variables

2.4.1 *Variable Independiente x.*

Estabilizantes: Yeso y Aditivo Sika-1

Indicadores de las dimensiones de la Variable independiente X.

Indicador 1: Porcentaje de yeso



Indicador 2: Porcentaje de Aditivo Sika-1.

2.4.2 Variable Dependiente Y.

Propiedades físicas - mecánicas de la mezcla de yeso + material granular de cantera y aditivo Sika-1 + agua.

Dimensiones de la variable dependiente Y.

Indicador 1: Índice de Plasticidad.

Indicador 2: Densidad máxima.

Indicador 3: CBR.



2.4.3. Cuadro de operacionalización de variables

OPERACIONALIDAD DE UNA VARIABLE						
VARIABLE	CONCEPTUAL	NIVEL	DESCRIPCIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
INDEPENDIENTE						
X: Estabilizantes yeso y aditivo sika-1	Es la aplicación de la mezcla de yeso con el material granular de cantera km 5+400 y aditivo Sika-1 con agua, para el mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas de la superficie de rodadura de caminos vecinales.	mezcla del estabilizante yeso y sika-1	El yeso es el estabilizante para la mezcla con el material granular de cantera y el aditivo Sika-1 para la mezcla con agua.	• porcentaje (%) de dosificación	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de yeso • Porcentaje de aditivo sika-1 	Guías y formatos de observación de campo y laboratorio, registró para recolección de datos. Equipos y herramientas para los ensayos de Laboratorio de Mecánica de suelos.
DEPENDIENTE						



<p>Y: Propiedades físicas - mecánicas de la mezcla de yeso + aditivo Sika-1 y material granular de cantera.</p>	<p>Son ensayos de mecánica de suelos para determinar las propiedades físicas- mecánicas de la mezcla de yeso + aditivo Sika-1 y material granular de cantera.</p>	<p>-Índice de Plasticidad. - CBR -Densidad máxima</p>	<p>-Determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo estabilizado. -Determinar en laboratorio la capacidad de soporte, el ensayo se realiza normalmente sobre el suelo preparado en condiciones de humedad y densidad determinadas -Determinar en laboratorio la relación entre contenido de agua y peso unitario seco.</p>	<p>• Índice de plasticidad (IP). • Valor de la capacidad de soporte CBR de laboratorio del suelo estabilizado. -Relación de Contenido de agua y Peso unitario seco. • Máxima Densidad Seca. • Valor de la compactación del suelo. • Peso específico</p>	<p>-Cantidad de Plasticidad del suelo estabilizado • Valor de la capacidad de soporte del material (CBR). • Grado de compactación del suelo estabilizado.</p>	
--	---	---	--	--	---	--

Fuente: Elaboración Propia



Capítulo III: Metodología.

3.1. Metodología de la Investigación.

3.1.1. *Enfoque de la Investigación.*

La Investigación es del tipo cuantitativa, alcanza el nivel descriptivo, y el método usado es el hipotético-deductivo.

Tipo Cuantitativo. El tipo de exploración es cuantitativo porque nos permite evaluar la realidad en cuanto a los límites que son medibles, replicables y que pueden repetirse con condiciones similares siempre. Asimismo, nos permite utilizar información matemática. El estudio actual es cuantitativo porque está situado para describir, predecir y explicar la información cuantificable y detectable. Asimismo, analiza la comparación de grupos variables, los resultados con las previsiones y los estudios anteriores. (Sampieri, 1997)

3.1.2. *Nivel o alcance de la Investigación.*

Nivel Explicativo. Los estudios explicativos van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos, están dirigidos a responder a las causas de los eventos físicos o sociales, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se da este, o porque dos o más variables están relacionadas. (Sampieri, 1997).

Es explicativo por que buscamos averiguar del por qué mejoran los resultados de los ensayos de laboratorio al adicionar yeso y aditivo impermeabilizante sika-1 al material granular de cantera km 5+400, por lo que manipulamos la variable independiente y medimos las variables dependientes.

3.1.3. *Método de la Investigación.*

Método Hipotético-Deductivo. El método hipotético-deductivo es la técnica o vía que sigue el especialista para hacer de su acción una práctica lógica. La técnica hipotético-deductivo



tiene unas etapas fundamentales: percepción de la peculiaridad a examinar, formación de una teoría para esclarecer dicha peculiaridad, derivación de resultados o sugerencias más rudimentarias que la propia especulación, y comprobación o confirmación de la realidad de las afirmaciones concluidas mediante su contraste y la experiencia. Este estudio utilizará la técnica hipotético-deductiva ya que parte de una teoría, la cual se demostrará a través de una progresión de pasos para tener una respuesta inequívoca que demuestre la comprobación de la especulación. (Sampieri, 1997)

3.2. Diseño de la Investigación.

3.2.1. Diseño Metodológico.

Cuasi experimental. Los diseños cuasi experimentales también manipulan deliberadamente, al menos, una variable independiente para observar su efecto sobre una o más variables dependientes, solo que difieren de los experimentos en el grado de seguridad que pueda tenerse sobre la equivalencia inicial de los grupos.

En los diseños cuasi experimentales, los sujetos no se asignan al azar a los grupos ni se emparejan, si no que dichos grupos ya están conformados antes del experimento.

3.2.2. Diseño de ingeniería.

Etapas de investigación

- En la etapa primaria comenzamos con el surtido de información, elaboración y obtención de la muestra del material granular de cantera del camino vecinal CU-1432.
- En la segunda etapa continuaremos con el ensayo en las instalaciones de laboratorio de suelos con la muestra del material granular natural, y el ensayo en laboratorio de suelos añadiendo yeso al peso de la muestra del material granular y aditivo Sika-1 añadiendo al volumen de agua,



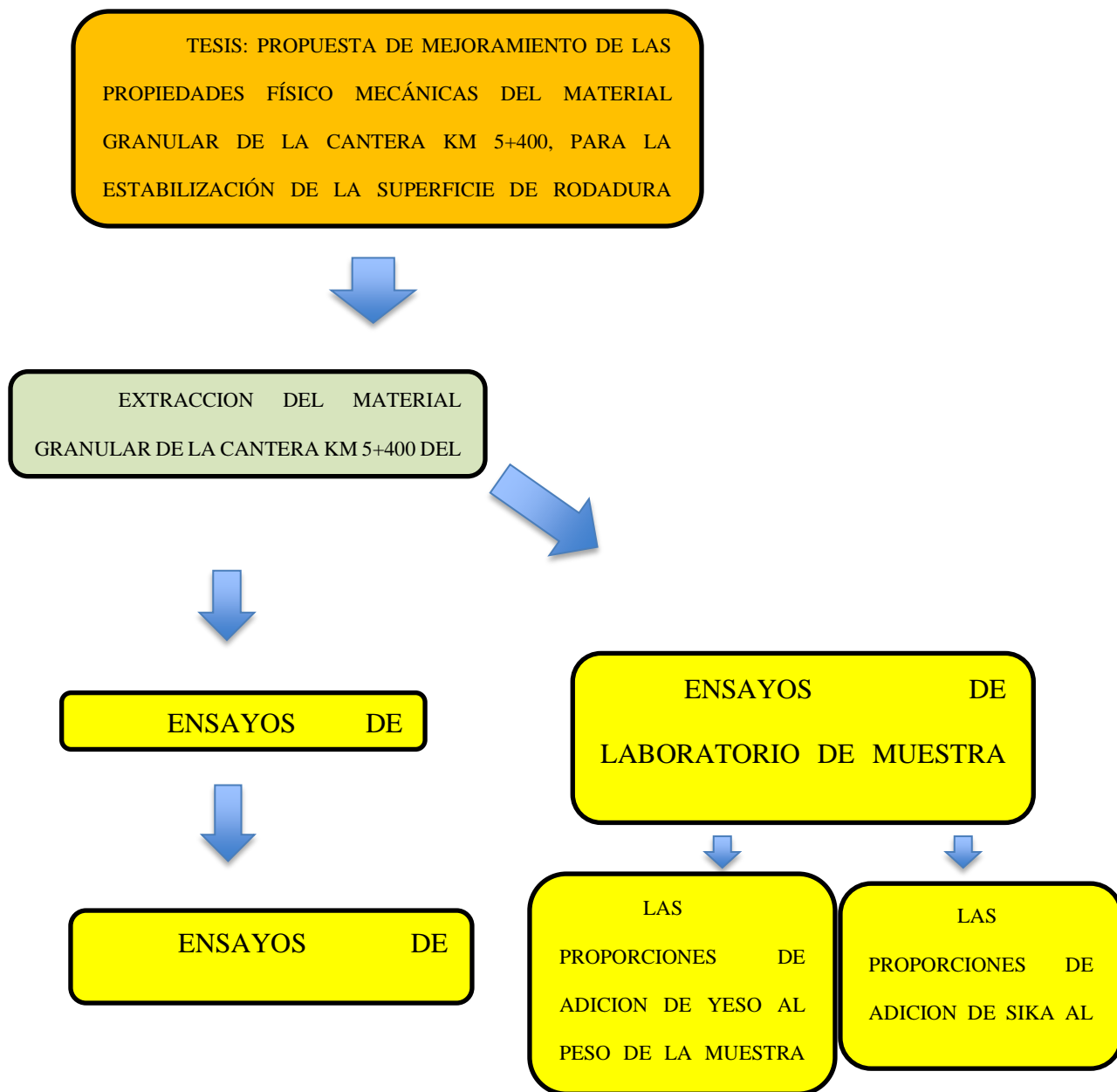
estas en proporciones de 4%, 6%, 8%, 10% respectivamente, tal como se muestra en la tabla N°

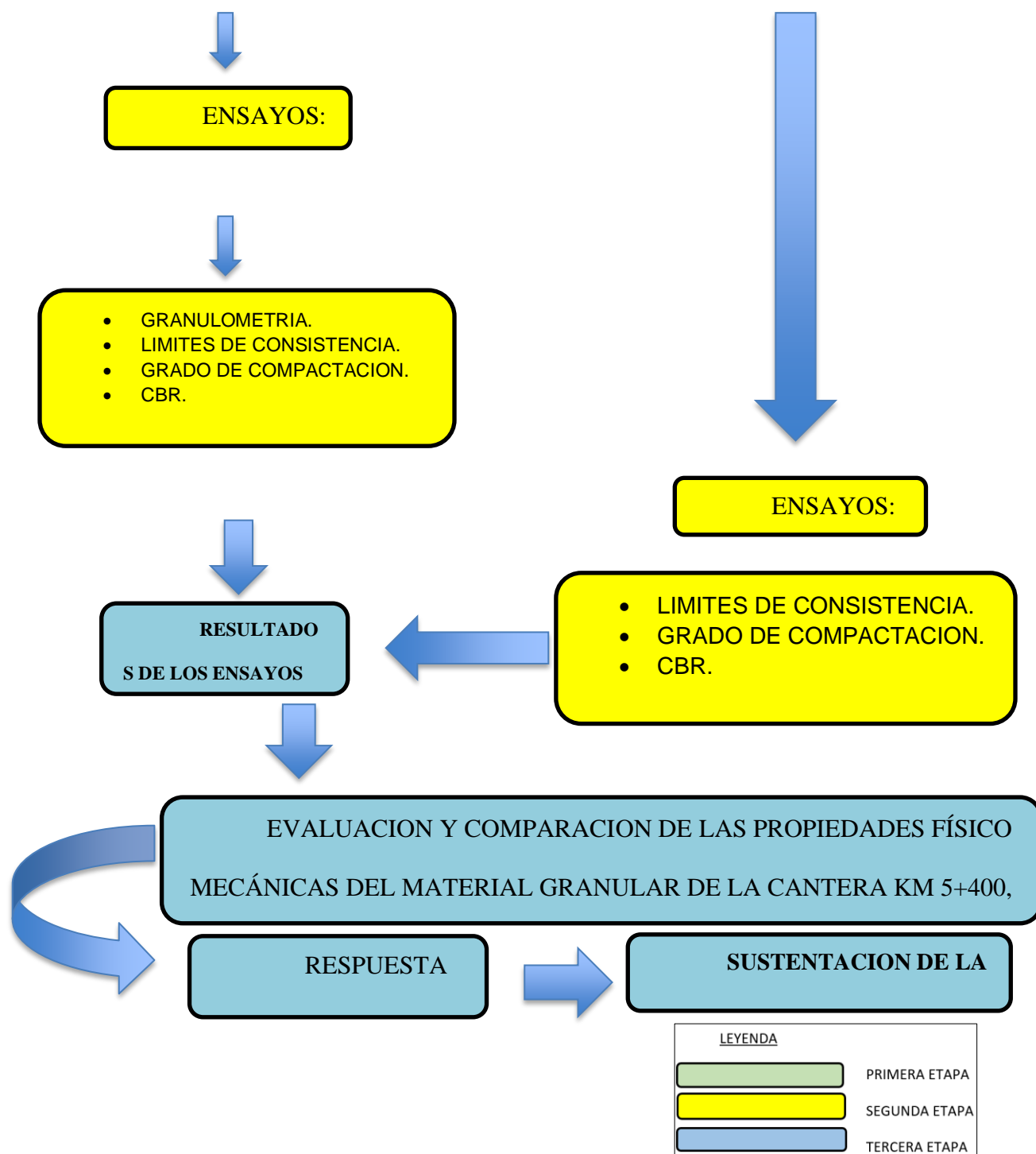
14.

- En la tercera etapa continuaremos desglosando y comparando los resultados de los que se hablará según indique la variedad de los mismos.

Figura 8

Diseño de ingeniería







3.3. Población y Muestra.

3.3.1. Población.

La población será toda la cantera disponible ubicada en el km 5+400.

3.3.1.1. Descripción de la Población.

Para cumplir los objetivos planteados en la presente tesis, se ha visto por conveniente delimitar la población para su correspondiente estudio por lo que se referenciará de la siguiente manera.

Para la adquisición del material de cantera se considera toda la cantera disponible ubicada en el Km 05+400.

Área Delimitada Para Explotación: 2455.00 m²

Potencia Bruta: 11323.00 m³

Cota: 3926 m.s.n.m.

Ubicación: Progresiva KM 5+400

Coordenadas:

VERTICES PERIMÉTRICOS		
VERTICES	ESTE	NORTE
V1	261064.09	8421495.26
V2	261082.45	8421461.17
V3	261062.75	8421436.64
V4	261032.15	8421438.32
V5	261022.31	8421477.95

- La presente tesis de investigación decidió escoger el material de la cantera del Km 05+400 del camino vecinal CU-1432 del distrito de Sicuani, 2021. Asimismo, se utilizó yeso de la



cantera Urubambillalloc, dicha cantera está ubicada en la jurisdicción del centro poblado de Huacarpay, Distrito de Lucre, Provincia de Quispicanchi, dicho yeso ya está procesado, embazado y listo para el comercio.

- En lo referente al Aditivo Sika-1, nos limitamos a la utilización del Aditivo impermeabilizante Sika-1 con fecha de producción abril del 2021 lote N°020705040010000604 y fecha de producción marzo 2022 lote N°030000000101075549 cuya comercialización en la ciudad del Cusco se presenta sin ningún inconveniente por la tienda Sika Cusco, considerado así para el trabajo de investigación.

3.3.1.2. Cuantificación de la Población.

El universo se cuantifica de la siguiente forma:

- Material de cantera Km 5+400 sin la adición de yeso y Aditivo Sika-1.

Para el tamaño de muestra de la población utilizaremos la siguiente formula la cual demuestra el tamaño de muestra de población finita.

$$n = \frac{z^2 \sigma^2 \cdot N}{(N-1)E^2 + z^2 \sigma^2}$$

Donde:

Z= 1.28 para un nivel de confianza 80%

$\sigma^2 = p \cdot q = 0.25$ donde $p=0.5$ y $q=0,5$ (varianza poblacional cuando se desconoce)

N= 2455.00 m² de cantera (población)

E= 7% Error máximo de estimación

Reemplazamos datos en la formula:

$$n = \frac{1.28^2 \cdot 0.25^2 \cdot 2455}{(2455-1)0.07^2 + 1.28^2 \cdot 0.25^2} = 20.729 \text{ m}^2$$



Por lo que se determinó que cada calicata será de 2.00m*2.00m que hacen un total de 4.00 m², por lo que tendremos 5.00 calicatas para obtener la muestra.

Material de cantera Km 5+400 con la adición de yeso y Aditivo Sika-1.

Teniendo un total de 2 elementos en el universo.

3.3.2. Muestra.

Para obtener la muestra se deberá efectuar prospecciones de campo.

3.3.2.1. Descripción de la Muestra.

Se obtendrá el material a utilizar y se referirá la unidad de análisis, así como una descripción de sus cualidades físicas y mecánicas, de cara a la realización de los ensayos de laboratorio para determinar las propiedades de los materiales. La muestra se obtendrá de la cantera cumpliendo con las normas del Manual de Mantenimiento de carreteras MTC-2016. Para la tesis de investigación se propone elegir los materiales con su respectiva ubicación.

Tabla 12

Ubicación de las calicatas

	PROF(m)	COORDENADAS		CANTERA
		NORTE	ESTE	
C-01	1.50	8421470.34	261066.13	KM 5+400
C-02	1.50	8421451.32	261058.97	KM 5+400
C-03	1.50	8421455.11	261037.09	KM 5+400
C-04	1.50	8421479.94	261040.04	KM 5+400
C-05	1.50	8421464.33	261051.89	KM 5+400

Fuente: Elaboración propia



Figura 9

Croquis de cantera y calicatas.



Materiales Disponibles Para La Tesis

Tabla 13

Materiales Disponibles para la Tesis

MATERIAL	CANTERA
MATERIAL GRANULAR	KM 05+400.
YESO	
ADITIVO IMPERMEABILIZANTE SIKA-1	

Nota: Fuente Elaboración propia



Como se mencionó anteriormente el material a utilizar es de la cantera Km 05+400 del camino vecinal CU-1432 Sicuani, el cual tiene presencia de gravas, arenas, limos y arcillas.

En lo que se refiere al yeso, se opta por el yeso ya procesado y lista para su uso, el cual se utilizará como estabilizante en diferentes proporciones de 4%, 6%, 8%, 10%, el yeso se añade al peso de la muestra de material granular en las proporciones mencionadas.

En lo que se refiere al Aditivo se opta por el producto impermeabilizante de la marca Sika-1, el cual se dosificará en diferentes proporciones de 4%, 6%, 8%, 10%, esta adición de aditivo Sika-1 se añadirá con el volumen de agua que se utilizará en los diferentes ensayos de laboratorio. Considerando para los ensayos de Atterberg (límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad), la proporción de adición de yeso será del 4%, 6%, 8%, 10%, al peso de muestra de material granular, el porcentaje de adición de aditivo Sika-1 será de 4%, 6%, 8%, 10%, al volumen de agua a utilizar.

Considerando para los ensayos de Proctor modificado y CBR de suelos, la adición de yeso será del 4%, 6%, 8%, 10%, al peso de muestra de material granular, la proporción de adición de aditivo Sika-1 será de 4%, 6%, 8%, 10%, al volumen de agua a utilizar.

La cantidad de elementos a evaluar serán los siguientes:



Tabla 14

Proporciones de materiales que se utilizaran para los diferentes ensayos

N° MUESTRAS	YESO(%)	ADITIVO SIKA-1 (%)
N1	0	0
N2	0	4
N3	0	6
N4	0	8
N5	0	10
N6	4	0
N7	6	0
N8	8	0
N9	10	0
N10	4	4
N11	6	4
N12	8	4
N13	10	4
N14	4	6
N15	6	6
N16	8	6
N17	10	6
N18	4	8
N19	6	8
N20	8	8
N21	10	8



N22	4	10
N23	6	10
N24	8	10
N25	10	10

Nota: Fuente Elaboración propia

N1. Material de cantera Km 05+400 sin la adición de yeso ni aditivo Sika-1.

N2. Material de cantera Km 05+400 con la adición de yeso al 0% y aditivo Sika-1 al 4%.

N3. Material de cantera Km 05+400 con la adición de yeso al 0% y aditivo Sika-1 al 6%.

N4. Material de cantera Km 05+400 con la adición de yeso al 0% y aditivo Sika-1 al 8%

N5. Material de cantera Km 05+400 con la adición de yeso al 0% y aditivo Sika-1 al 10%.

N6. Material de cantera Km 05+400 con la adición de yeso al 4% y aditivo Sika-1 al 0%.

N7. Material de cantera Km 05+400 con la adición de yeso al 6% y aditivo Sika-1 al 0%.

N8. Material de cantera Km 05+400 con la adición de yeso al 8% y aditivo Sika-1 al 0%.

N9. Material de cantera Km 05+400 con la adición de yeso al 10% y aditivo Sika-1 al 0%

N10. Material de cantera Km 05+400 con la adición de yeso al 4% y aditivo Sika-1 al 4%.

N11. Material de cantera Km 05+400 con la adición de yeso al 6% y aditivo Sika-1 al 4%.

N12. Material de cantera Km 05+400 con la adición de yeso al 8% y aditivo Sika-1 al 4%.

N13. Material de cantera Km 05+400 con la adición de yeso al 10% y aditivo Sika-1 al 4%.

N14. Material de cantera Km 05+400 con la adición de yeso al 4% y aditivo Sika-1 al 6%

N15. Material de cantera Km 05+400 con la adición de yeso al 6% y aditivo Sika-1 al 6%.

N16. Material de cantera Km 05+400 con la adición de yeso al 8% y aditivo Sika-1 al 6%.



N17. Material de cantera Km 05+400 con la adición de yeso al 10% y aditivo Sika-1 al 6%.

N18. Material de cantera Km 05+400 con la adición de yeso al 4% y aditivo Sika-1 al 8%.

N19. Material de cantera Km 05+400 con la adición de yeso al 6% y aditivo Sika-1 al 8%

N20. Material de cantera Km 05+400 con la adición de yeso al 8% y aditivo Sika-1 al 8%.

N21. Material de cantera Km 05+400 con la adición de yeso al 10% y aditivo Sika-1 al 8%.

N22. Material de cantera Km 05+400 con la adición de yeso al 4% y aditivo Sika-1 al 10%.

N23. Material de cantera Km 05+400 con la adición de yeso al 6% y aditivo Sika-1 al 10%.

N24. Material de cantera Km 05+400 con la adición de yeso al 8% y aditivo Sika-1 al 10%.

N25. Material de cantera Km 05+400 con la adición de yeso al 10% y aditivo Sika-1 al 10%.

3.3.2.2. Cuantificación de la Muestra.

En la cuantificación de la muestra tendremos:

Material de la cantera Km 05+400 de la ruta CU-1432 del distrito de Sicuani sin la adición de yeso ni aditivo Sika-1.

- 01 Ensayo de contenido de humedad.
- 01 Ensayo de granulometría.
- 01 Ensayo de límite líquido y plástico.
- 01 Ensayo de compactación de suelos modificado.
- 01 Ensayo de CBR en laboratorio.



Con 0% de yeso y 4% de aditivo Sika-1.

- 01 ensayo de límite líquido y plástico.
- 01 ensayo de compactación de suelos modificado.
- 01 ensayo de CBR en laboratorio.

Con 0% de yeso y 6% de aditivo Sika-1.

- 01 ensayo de límite líquido y plástico.
- 01 ensayo de compactación de suelos modificado.
- 01 ensayo de CBR en laboratorio.

Con 0% de yeso y 8% de aditivo Sika-1.

- 01 ensayo de límite líquido y plástico.
- 01 ensayo de compactación de suelos modificado.
- 01 ensayo de CBR en laboratorio.

Con 0% de yeso y 10% de aditivo Sika-1.

- 01 ensayo de límite líquido y plástico.
- 01 ensayo de compactación de suelos modificado.
- 01 ensayo de CBR en laboratorio.

Con 4% de yeso y 0% de aditivo Sika-1.

- 01 ensayo de límite líquido y plástico.
- 01 ensayo de compactación de suelos modificado.
- 01 ensayo de CBR en laboratorio.



Con 6% de yeso y 0% de aditivo Sika-1.

- 01 ensayo de límite líquido y plástico.
- 01 ensayo de compactación de suelos modificado.
- 01 ensayo de CBR en laboratorio.

Con 8% de yeso y 0% de aditivo Sika-1.

- 01 ensayo de límite líquido y plástico.
- 01 ensayo de compactación de suelos modificado.
- 01 ensayo de CBR en laboratorio.

Con 10% de yeso y 0% de aditivo Sika-1.

- 01 ensayo de límite líquido y plástico.
- 01 ensayo de compactación de suelos modificado.
- 01 ensayo de CBR en laboratorio.

Con 4% de yeso y 4% de aditivo Sika-1.

- 01 ensayo de límite líquido y plástico.
- 01 ensayo de compactación de suelos modificado.
- 01 ensayo de CBR en laboratorio.

Con 6% de yeso y 4% de aditivo Sika-1.

- 01 ensayo de límite líquido y plástico.
- 01 ensayo de compactación de suelos modificado.
- 01 ensayo de CBR en laboratorio.



Con 8% de yeso y 4% de aditivo Sika-1.

- 01 ensayo de límite líquido y plástico.
- 01 ensayo de compactación de suelos modificado.
- 01 ensayo de CBR en laboratorio.

Con 10% de yeso y 4% de aditivo Sika-1.

- 01 ensayo de límite líquido y plástico.
- 01 ensayo de compactación de suelos modificado.
- 01 ensayo de CBR en laboratorio.

Con 4% de yeso y 6% de aditivo Sika-1.

- 01 ensayo de límite líquido y plástico.
- 01 ensayo de compactación de suelos modificado.
- 01 ensayo de CBR en laboratorio.

Con 6% de yeso y 6% de aditivo Sika-1.

- 01 ensayo de límite líquido y plástico.
- 01 ensayo de compactación de suelos modificado.
- 01 ensayo de CBR en laboratorio.

Con 8% de yeso y 6% de aditivo Sika-1.

- 01 ensayo de límite líquido y plástico.
- 01 ensayo de compactación de suelos modificado.
- 01 ensayo de CBR en laboratorio.



Con 10% de yeso y 6% de aditivo Sika-1.

- 01 ensayo de límite líquido y plástico.
- 01 ensayo de compactación de suelos modificado.
- 01 ensayo de CBR en laboratorio.

Con 4% de yeso y 8% de aditivo Sika-1.

- 01 ensayo de límite líquido y plástico.
- 01 ensayo de compactación de suelos modificado.
- 01 ensayo de CBR en laboratorio.

Con 6% de yeso y 8% de aditivo Sika-1.

- 01 ensayo de límite líquido y plástico.
- 01 ensayo de compactación de suelos modificado.
- 01 ensayo de CBR en laboratorio.

Con 8% de yeso y 8% de aditivo Sika-1.

- 01 ensayo de límite líquido y plástico.
- 01 ensayo de compactación de suelos modificado.
- 01 ensayo de CBR en laboratorio.

Con 10% de yeso y 8% de aditivo Sika-1.

- 01 ensayo de límite líquido y plástico.
- 01 ensayo de compactación de suelos modificado.
- 01 ensayo de CBR en laboratorio.



Con 4% de yeso y 10% de aditivo Sika-1.

- 01 ensayo de límite líquido y plástico.
- 01 ensayo de compactación de suelos modificado.
- 01 ensayo de CBR en laboratorio.

Con 6% de yeso y 10% de aditivo Sika-1.

- 01 ensayo de límite líquido y plástico.
- 01 ensayo de compactación de suelos modificado.
- 01 ensayo de CBR en laboratorio.

Con 8% de yeso y 10% de aditivo Sika-1.

- 01 ensayo de límite líquido y plástico.
- 01 ensayo de compactación de suelos modificado.
- 01 ensayo de CBR en laboratorio.

Con 10% de yeso y 10% de aditivo Sika-1.

- 01 ensayo de límite líquido y plástico.
- 01 ensayo de compactación de suelos modificado.
- 01 ensayo de CBR en laboratorio.

3.3.2.3. Método de Muestreo.

El método de muestreo se ha considerado de tipo probabilístico ya que utilizamos procedimientos de selección aleatoria.



3.3.2.4. Criterios de Evaluación de Muestra.

Se tuvieron 5 criterios de evaluación de muestra que fueron medidos como se indica a continuación:

- Ensayo de humedad del material granular sin la adición de yeso ni aditivo Sika-1.
- Ensayo de granulometría del material granular sin la adición de yeso ni aditivo Sika-1.
- Plasticidad del material granular sin la adición de yeso ni aditivo Sika-1, y también con la adición de yeso y aditivo Sika-1.
- Grado de compactación del material granular sin la adición de yeso ni aditivo Sika-1, y también con la adición de yeso y aditivo Sika-1.
- Capacidad de soporte CBR del material granular sin la adición de yeso ni aditivo Sika-1, y también con la adición de yeso y aditivo Sika-1.

3.3.3. Criterios de Inclusión.

- Los elementos que utilizaremos como muestra serán elaborados con material de la cantera Km 5+400 de la ruta CU-1432 del distrito de Sicuani.
- A los elementos muestrales se les adicionará yeso y aditivo impermeabilizante Sika-1.
- El material de cantera Km 5+400 será sometido a los ensayos de contenido de humedad, granulometría, límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad, compactación de suelo modificado y CBR en laboratorio.



Tabla 15

Dosificación de adición de yeso al material granular y aditivo Sika-1 al agua.

MUESTRAS			LA DOSIFICACION SERA REEMPLAZAR EL PESO DE YESO EN EL PESO REFERENCIAL DE MATERIAL GRANULAR SEGÚN SEA PARA CADA %.			LA DOSIFICACION SERA REEMPLAZAR EL VOLUMEN DE ADITIVO SIKA-1 EN EL VOLUMEN DE AGUA REFERENCIAL SEGÚN SEA PARA CADA %.		
Muestra	Proporción		REFERENCIA MATERIAL GRANULAR (Kg)	utilizamos en los ensayos		REFERENCIA DE AGUA (Litros)	utilizamos en los ensayos	
	Material granular + Yeso (%)	Agua + Aditivo SIKA-1 (%)		MATERIAL GRANULAR CANTERA KM 5+400 (Kg)	YESO (kg)		AGUA (Litros)	ADITIVO IMPERMEABILIZANTE SIKA-1 (Litros)
N1	0.00	0.00	24.00	24.00	0.00	5.00	5.00	0.00
N2	0.00	4.00	24.00	24.00	0.00	5.00	4.80	0.20
N3	0.00	6.00	24.00	24.00	0.00	5.00	4.70	0.30
N4	0.00	8.00	24.00	24.00	0.00	5.00	4.60	0.40
N5	0.00	10.00	24.00	24.00	0.00	5.00	4.50	0.50
N6	4.00	0.00	24.00	23.04	0.96	5.00	5.00	0.00
N7	6.00	0.00	24.00	22.56	1.44	5.00	5.00	0.00
N8	8.00	0.00	24.00	22.08	1.92	5.00	5.00	0.00
N9	10.00	0.00	24.00	21.60	2.40	5.00	5.00	0.00
N10	4.00	4.00	24.00	23.04	0.96	5.00	4.80	0.20
N11	6.00	4.00	24.00	22.56	1.44	5.00	4.80	0.20
N12	8.00	4.00	24.00	22.08	1.92	5.00	4.80	0.20
N13	10.00	4.00	24.00	21.60	2.40	5.00	4.80	0.20
N14	4.00	6.00	24.00	23.04	0.96	5.00	4.70	0.30
N15	6.00	6.00	24.00	22.56	1.44	5.00	4.70	0.30
N16	8.00	6.00	24.00	22.08	1.92	5.00	4.70	0.30
N17	10.00	6.00	24.00	21.60	2.40	5.00	4.70	0.30
N18	4.00	8.00	24.00	23.04	0.96	5.00	4.60	0.40
N19	6.00	8.00	24.00	22.56	1.44	5.00	4.60	0.40
N20	8.00	8.00	24.00	22.08	1.92	5.00	4.60	0.40
N21	10.00	8.00	24.00	21.60	2.40	5.00	4.60	0.40
N22	4.00	10.00	24.00	23.04	0.96	5.00	4.50	0.50
N23	6.00	10.00	24.00	22.56	1.44	5.00	4.50	0.50
N24	8.00	10.00	24.00	22.08	1.92	5.00	4.50	0.50
N25	10.00	10.00	24.00	21.60	2.40	5.00	4.50	0.50



3.4. Instrumentos.

3.4.1. *Instrumentos Metodológicos o Instrumentos de Recolección de Datos.*

Se consideran dentro de los instrumentos metodológicos los formatos de recolección de datos para cada uno de los ensayos de laboratorio que se realizarán en laboratorio.

- Formato de Recolección de Datos para el Contenido de Humedad.
- Formato de Recolección de Datos para el Ensayo de Granulometría.
- Formato de Recolección de Datos para el Ensayo de Límite Líquido, Límite Plástico e índice de plasticidad de los suelos.
- Formato de Recolección de Datos para el Ensayo de Compactación de suelos Modificado.
- Formato de Recolección de Datos para el ensayo de CBR en laboratorio.



Tabla 16

Instrumento de toma de datos para el contenido de Humedad


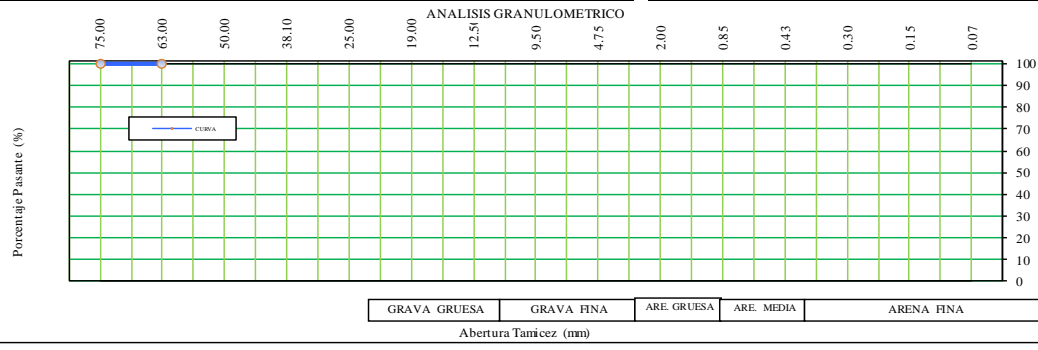
	INGENIERIA, GEOTECNIA & CONSTRUCCION					
	ESTUDIO GEOTECNICO Y MECANICA DE SUELOS					
	CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS SUELOS					
	(ASTMD 2216 / AASHTO T 86 / MTC E108)					
DATOS DEL PROYECTO						
PROYECTO: PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO MECANICAS DEL MATERIAL GRANULAR DE LA CANTERA KM 05+400 PARA LA ESTABILIZACION DE LA SUPERFICIE DE RODADURA UTILIZANDO YESO Y ADITIVO SIKA-1 EN EL CAMINO VECINAL CU-1432 DEL DISTRITO DE SICUANI.						
TESISTAS	MIKE PEREZ TORRES				N° INFORME:	
	JHEY SON EDGAR CJURO CUTIPA				FECHA:	
DATOS DE LA MUESTRA						
Tipo material:				0		
Ubicación de Muestra:						
				Progresiva:		
				N° Muestra:		
DESCRIPCION	UND.	MIRA. - 1	MIRA. - 2	MIRA. - 3	MIRA. - 4	PROMEDIO
RECIPIENTE	N°					
RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	gr.					
RECIPIENTE + SUELO SECO	gr.					
PESO DEL RECIPIENTE	gr.					
PESO DEL AGUA	gr.					
PESO DEL SUELO SECO	gr.					
% DE HUMEDAD	%					
OBSERVACIONES:						

Nota: Fuente Ingeo Andes E.I.R.L.



Tabla 17

Instrumento de toma de datos para el ensayo granulométrico

		INGENIERIA, GEOTECNIA & CONSTRUCCION				
		ESTUDIO GEOTECNICO Y MECANICA DE SUELOS				
		ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO				
		(ASTMD422 / ASTM D 2487 / MTC E204)				
DATOS DEL PROYECTO						
PROYECTO:	PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO MECANICAS DEL MATERIAL GRANULAR DE LA CANTERA KM 05+400 PARA LA ESTABILIZACION DE LA SUPERFICIE DE RODADURA UTILIZANDO YESO Y ADITIVO SIKA-1 EN EL CAMINO VECINAL CU-1432 DEL DISTRITO DE SICUANI.					
TESISTAS:	MIKE PEREZ TORRES JHEYSON EDGAR CJURO CUTIPA				FECHA:	
DATOS DE LA MUESTRA						
Tipo material:						
Ubicación de Muestra:						
			Progresiva:			
			N° Muestra:			
ANALISIS GRANULOMETRICO (ASTM D422 / ASTM D 2487 / MTC E204)					CLASIFICACION DEL SUELO	
MALLA (Abertura)	PESO	%	%	%	S.U.C.S. (ASTM D 2487)	
PLG.	mm.	RETENIDO (gr.)	RETENIDO	ACUMULADO	PASANTE	AASHTO (ASTM D3282)
3"	75.00					
2 1/2"	63.00					
2"	50.00					
1 1/2"	38.10					
1"	25.00					
3/4"	19.00					
1/2"	12.50					
3/8"	9.50					
N° 4	4.75					
N° 10	2.00					
N° 20	0.85					
N° 40	0.43					
N° 50	0.30					
N° 100	0.15					
N° 200	0.07					
<200	Fondo					
					DATOS DE LA MUESTRA Peso Total del Suelo Peso de la Fraccion D ₆₀ D ₃₀ D ₁₀ Cu Cc Lim Liquido (ASTM D4318) Lim Plastico (ASTM D4318) Indice de Plasticidad % Humedad (ASTM D2216) GRAVA (%) ARENA (%) FINOS (%)	
						
OBSERVACIONES:						

Nota: Fuente Ingeo Andes E.I.R.L..



Tabla 18

Instrumento de toma de datos para límite líquido, plástico e índice de plasticidad


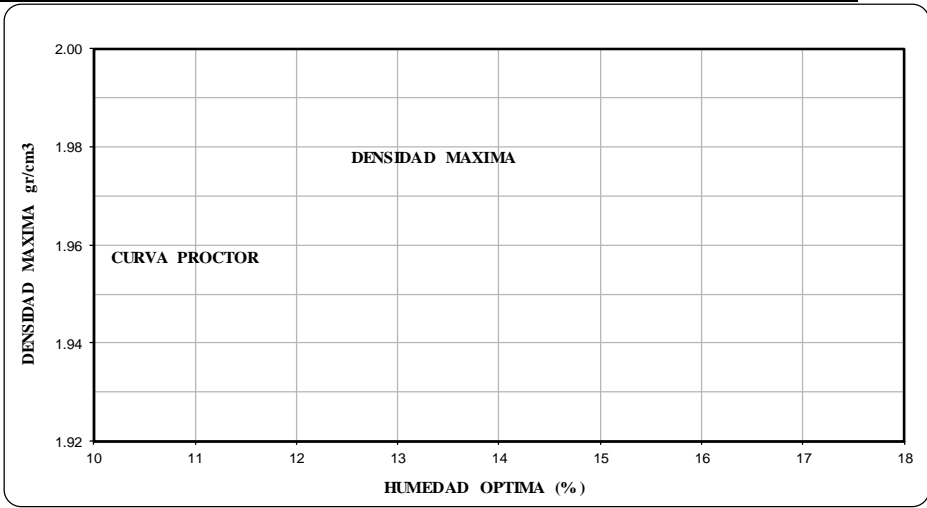
	INGENIERIA, GEOTECNIA & CONSTRUCCION				
	ESTUDIO GEOTECNICO Y MECANICA DE SUELOS				
	LIMITES DE CONSISTENCIA				
	(ASTMD 4318/ AASHTO T 89/ MTC E110,111)				
DATOS DEL PROYECTO					
PROYECTO:	PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO MECANICAS DEL MATERIAL GRANULAR DE LA CANTERA KM 05+400 PARA LA ESTABILIZACION DE LA SUPERFICIE DE RODADURA UTILIZANDO YESO Y ADITIVO SIKA-1 EN EL CAMINO VECINAL CU-1432 DEL DISTRITO DE SICUANI.				
DISTRITO	MIKE PEREZ TORRES				
PROVINCIA	JHEY SON EDGAR CURO CUTIPA	ZONA:			FECHA:
DATOS DE LA MUESTRA					
Tipo material:					
Ubicación de Muestra:					
LIMITE LIQUIDO (ASTM D4318)					
RECIPIENTE N°	N°				Observaciones:
N° DE GOLPES	N°				
RECIPIENTE + SUELO HUMED	grs				
RECIPIENTE + SUELO SECO	grs				
PESO DEL RECIPIENTE	grs				
PESO DE AGUA	grs				
PESO DEL SUELO SECO	grs				
% DE HUMEDAD	%				
LIMITE PLASTICO (ASTM D4318)					
RECIPIENTE N°	N°				Observaciones:
RECIPIENTE + SUELO HUMED	grs				
RECIPIENTE + SUELO SECO	grs				
PESO DEL RECIPIENTE	grs				
PESO DE AGUA	grs				
PESO DEL SUELO SECO	grs				
% DE HUMEDAD (Límite Plástic	%				
LIMITE LIQUIDO		LIMITE PLASTICO		INDICE PLASTICIDAD	
<u>Observaciones:</u>					

Nota: Fuente Ingeo Andes E.I.R.L.



Tabla 19

Instrumento de toma de datos para el ensayo de Proctor modificado.

	INGENIERIA, GEOTECNIA & CONSTRUCCION						
	ESTUDIO GEOTECNICO Y MECANICA DE SUELOS						
	ENSAYO DE PROCTOR						
	(ASTM D - 1557 / AASHTO T 180 / MTC E115)						
DATOS DEL PROYECTO							
PROYECTO: PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO MECANICAS DEL MATERIAL GRANULAR DE LA CANTERA KM 05+400 PARA LA ESTABILIZACION DE LA SUPERFICIE DE RODADURA UTILIZANDO YESO Y ADITIVO SIKA-1 EN EL CAMINO VECINAL CU-1432 DEL DISTRITO DE SICUANI.							
DISTRITO MIKE PEREZ TORRES				N° REGISTRO:			
PROVINCIA JHEYSON EDGAR CJURO CUTIPA		ZONA:		FECHA:			
DEPARTAMENTO							
DATOS DE LA MUESTRA							
Ubicación de Muestra:							
						Progresiva:	
						N° Muestra:	
TIPO PROCTOR: (MODIFICADO)		UND	PUNTOS				
			1	2	3	4	Observaciones:
METODO DE COMPACTACION			C	C	C	C	
PESO SUELO + MOLDE		gr.					
PESO MOLDE		gr.					
VOLUMEN DEL MOLDE		cm ³					
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO		gr.					
PESO VOLUMETRICO HUMEDO		gr/cm ³					
HUMEDAD		UND	RECIPIENTES				
RECIPIENTE N°		cod.	0	0	0	0	Observaciones:
PESO SUELO HUMEDO + RECIPIENTE		gr.					
PESO SUELO SECO + RECIPIENTE		gr.					
PESO DEL RECIPIENTE		gr.					
PESO DE AGUA		gr.					
PESO DE SUELO SECO		gr.					
CONTENIDO DE AGUA		%					
PESO VOLUMETRICO SECO		gr/cm ³					
							
Densidad Maxima		gr/cm ³	Humedad Optima		%		
Densidad Maxima Corregida		gr/cm ³	Humedad Optima Corregida		%		
Observacion:							

Nota: Fuente Ingeo Andes E.I.R.L..



3.4.2 Instrumentos de Ingeniería.

Los instrumentos de ingeniería se consideran los equipos y dispositivos utilizados en las pruebas de laboratorio. Se utilizaron los instrumentos de diseño adjuntos:

Prueba de determinación del contenido de humedad

Horno de secado: horno de secado con control termostático, equipada para mantener una temperatura de 110 ± 5 °C.

Balanzas. - De límite ventajoso y con las aproximaciones adjuntas: 0,01 g para las pruebas de menos de 200 g y 0,1 g para las pruebas de más de 200 g.

Recipientes. - Recipientes adecuados de material resistente a la corrosión, y al cambio de peso cuando se exponen a un enfriamiento o calentamiento consistente, apertura a materiales de diferente PH, y limpieza.

Utensilios - Se necesita la utilización de guantes, utensilios o un soporte razonable para mover y tratar los soportes calientes después de que se hayan secado.

Diferentes utensilios - Se requiere la utilización de cuchillas, espátulas, cucharas, material de punto, separadores de ejemplo, etc.

Ensayo de Análisis granulométrico por Tamizado.

Una balanza. Con sensibilidad de 0,1 g.

Serie de tamices gruesos 75 mm (3"), 63 mm (2 ½"), 50,8 mm (2"), 38,1 mm (1½"), 25,4 mm (1"), 19,0 mm (¾"), 12,5 mm (1/2"), 9,5 mm (3/8").

Serie de tamices finos 4,76 mm (n°4), 2,00 mm (n°10), 0,840 mm (n°20), 0,425 mm (n°40), 0,300 mm (n°50), 0,150 mm (n°100) y 0,075 mm (n°200).



Horno de secado - horno de secado con control termostático, equipada para mantener una temperatura de 110 ± 5 °C.

Recipientes, adecuados para el tratamiento y el secado de las pruebas.

Cepillo y escobilla, para la limpieza de la malla de los tamices.

Ensayo para la Determinación del Límite Líquido y del Límite Plástico y del Índice de Plasticidad de los Suelos.

- Recipiente de almacenamiento: Un recipiente de unos 115 mm (4 ½") de distancia de ancho.

- Espátula: hoja flexible de unos 75 a 100 mm (3" - 4") de largo y 20 mm (¾") de ancho aproximadamente.

- cuchara de Casagrande.

- Acanalador.

- Calibrador: ya sea incorporado al ranurador o separador, de acuerdo con la dimensión crítica "d", y podría ser, si está separado, una barra metálica de $10,00 \pm 0,2$ mm ($0,394" \pm 0,008"$) de espesor y unos 50 mm (2") de longitud.

- Recipientes: De material resistente a la corrosión, y cuya masa no cambia con el calentamiento y enfriamiento continuo. Deben tener tapas herméticas y consistentes para evitar que se produzcan pérdidas por humedad de las muestras antes de la pesada inicial y final.

- Balanza: Una balanza con sensibilidad de 0,1 g.

- Horno termostático controlado para mantener temperaturas de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F) para el secado la muestra.

- Superficie de rodadura: Normalmente se utiliza un vidrio esmerilado grueso.

Ensayos de compactación del suelo modificado



Molde de 6 pulgadas – Un molde con un promedio de $6,000 \pm 0,026$ pulg. ($152,4 \pm 0,7$ mm) de diámetro interior, una altura de: $4,584 \pm 0,018$ in ($116,4 \pm 0,5$ mm) y un volumen de $0,075 \pm 3 0,0009$ ft ($2 124 \pm 25$ cm).

- Pisón o martillo. - Un pisón operado manualmente. La alteración debe caer libremente una distancia de $457,2 \pm 1,6$ mm ($18 \pm 0,05$ in) de la superficie del espécimen.

Horno de secado - Controlado termostáticamente, equipado para sostener una temperatura uniforme de 230 ± 9 °F (110 ± 5 °C) en toda la cámara de secado.

Regla - Una regla metálica e inflexible de una longitud de al menos 10 pulgadas (254 mm). La longitud general de la regla debe ajustarse directamente a una resistencia de $\pm 0,005$ pulgadas ($\pm 0,1$ mm). El siguiente borde debe ser angular si es más grueso que 3 mm.

Tamices o mallas- De $\frac{3}{4}$ pulg. (19,0 mm), $\frac{3}{8}$ pulg. (9,5 mm) y negativo. 4 (4,75 mm), ajustándose a las necesidades de la especificación E11 de la ASTM

Herramientas para mezclar - cucharas, mezcladores, paleta, espátula, etc.

Ensayo de CBR en laboratorio

Prensa utilizada para impulsar la penetración de un pistón en el espécimen. El pistón se aloja en el cabezal.

El desplazamiento entre la base y el cabezal debe moverse a un ritmo uniforme de 1,27 mm (0,05") por minuto. La capacidad de la prensa y su marco para la estimación de la carga debe ser de 44,5 kN (10000 lbf) o más y la exactitud de la estimación de la base debe ser de 44 N (10 lbf) o menos.

- Molde, metálico, cilíndrico, de $152,4 \text{ mm} \pm 0,66 \text{ mm}$ ($6 \pm 0,026$ ") diámetro interior y $177,8 \pm 0,46 \text{ mm}$ ($7 \pm 0,018$ ") de altura, provisto de un collar de metal de 50,8 mm (2,0") de altura y una placa base perforada de 9,53 mm (3/8") de grosor. Los orificios de la base no superarán los



1,6 mm (28 1/16"), deberán estar uniformemente espaciadas en la circunferencia interior del molde.

- Disco espaciador, metálico circular, de 150,8 mm (5 15/16") de diámetro exterior y 61,37 ± 0,127 mm (2,416 ± 0,005") de espesor, para insertarlo como falso fondo en el molde cilíndrico durante la compactación.

- Apisonadora de compactación como la representada en el modo de trabajo del ensayo Proctor Modificado.

- Aparato medidor de expansión: Una placa metálica perforada, por forma, de 149,2 mm (5 7/8") de medida, cuyos agujeros no superan los 1,6 mm (1/16") de distancia transversal. Se le colocará una cuchilla en el centro con un marco de tornillos que permita modificar su altura.

- Un trípode cuyas patas puedan apoyarse en el borde de la forma, teniendo montado y asegurado en el centro un dial (deformímetro), cuyo vástago coincida con el de la placa, de forma que permita controlar la posición de este y medir la expansión, con una precisión de 0,025 mm (0,001").

- Pesas. Un par de pesas anulares metálicas con una masa absoluta de 4,54 ± 0,02 kg y pesas ranuradas metálicas con masas de 2,27 ± 0,02 kg cada una. Las pesas anulares y abiertas tendrán una anchura de 5 7/8" a 5 15/16" (149,23 mm a 150,81 mm); además de tener el peso.

- Pistón de penetración, metálico de sección transversal circular, de 49,63 ± 0,13 mm (1,954 ± 2 0,005") de ancho, espacio de 19,35 cm (3 in) y con longitud importante para realizar la prueba de infiltración con las sobrecargas exactas según el numeral 3.4, pero nunca por debajo de 101,6 mm (4").



- Dos diales con recorrido mínimo de 25 mm (1") y divisiones de lectura en 0,025 mm (0,001"), uno de ellos dio una pieza que permite su acoplamiento en la prensa para cuantificar la entrada del pistón en la muestra.
- Tanque, con límite adecuado en cuanto a la inmersión de los moldes en agua.
- Estufa, con control termostático, apta para mantener una temperatura de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F).
- Balanzas, una de 20 kg de límite y otra de 1000 g con sensibilidades de 1 g y 0,1 g, individualmente.
- Tamices, de 4,76 mm (n°4), 19,05 mm (3/4") y 50,80 mm (2").
- Herramientas, de utilidad universal, por ejemplo, cuarteador, recipientes, probetas, espátulas, discos de papel filtro del diámetro del molde, etc.

Panel Fotográfico De Los Instrumentos De Ingeniería

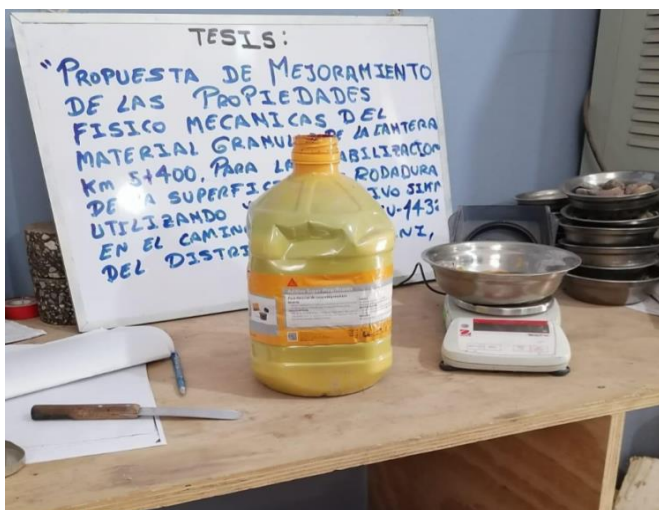
Figura 10

Balanza de 30 kg. La cual utilizaremos para los diferentes ensayos



Figura 11

Balanza de Precisión, envases para el uso de material, aditivo Sika. Los cuales utilizaremos para los diferentes ensayos..



Nota: Fuente Propia.

Figura 12

bandejas, los cuales utilizaremos para los diferentes ensayos.



Nota: Fuente Propia.

Figura 13

Serie de tamices.



Nota: Fuente Propia.

Figura 14

Cuchara de Casa Grande, acanalador, taras, vidrio grueso esmerilado.



Nota: Fuente Propia.